零起点学自动化技术丛书

零起点

学西门子S7-200 PLC

LINGQIDIAN XUE XIMENZI S7-200 PLC

李方园 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



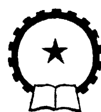
VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

零起点学自动化技术丛书

零起点学西门子 S7-200 PLC

李方园　等编著



机 械 工 业 出 版 社

本书主要介绍了西门子公司 S7-200 小型可编程序控制器（PLC）的软件和硬件功能，以实用、易用为主线，从零点起步，涉及 S7-200 PLC 的编程、仿真与实战；同时编者也将多年的宝贵使用经验贯穿内容始终，使读者能够有所借鉴。

本书从 PLC 初学者的角度出发，按照自学的顺序，从仿真到实战，对 STEP7-Micro/WIN 编程软件、仿真软件进行了详细介绍；进行了对梯形图设计、子程序和中断、顺序控制指令、高速输入/输出、通信等，并对每个项目给出了具体的硬件接线、程序清单与注释。

本书深入浅出、图文并茂，适合作为广大自动化技术人员的实践读物，也可以作为高职院校的电气自动化、机电一体化、应用电子技术等相关专业的 PLC 教材，同时也适合广大中高级电工人员阅读。

图书在版编目（CIP）数据

零起点学西门子 S7-200 PLC/李方园等编著. —北京：机械工业出版社，2012. 3

（零起点学自动化技术丛书）

ISBN 978-7-111-37423-7

Ⅰ. ①零…　Ⅱ. ①李…　Ⅲ. ①plc 技术　Ⅳ. ①TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 020900 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：林春泉　责任编辑：赵　任　版式设计：石　冉
责任校对：张　媛　封面设计：路恩中　责任印制：乔　宇
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2012 年 5 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 16 印张 · 392 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-37423-7
定价：39. 80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销售一部：（010）68326294
销售二部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203

网络服务
门户网：http：//www. cmpbook. com
教材网：http：//www. cmpedu. com
封面无防伪标均为盗版

前　言

本书主要介绍了西门子公司 S7-200 小型可编程序控制器（PLC）的软件和硬件功能，以实用、易用为主线，从零点起步，涉及 S7-200 PLC 的编程、仿真与实战；同时编者也将多年的宝贵使用经验贯穿内容始终，使读者能够有所借鉴。

本书共分 12 讲，第 1 讲介绍了 S7-200 PLC 入门与编程环境熟悉，包括 PLC 概述与 S7-200 PLC 的引入、S7-200 PLC 的数据类型、安装编程软件、利用编程软件进行简单编程；第 2 讲阐述了梯形图设计与仿真，包括梯形图的设计方法、位逻辑、S7-200 PLC 仿真软件的使用；第 3 讲阐述了扩展模块与 PLC 设置，包括数字量扩展模块、扩展模块寻址与仿真、模拟量扩展模块、PLC 的系统块设置与信息；第 4 讲至第 10 讲分别阐述了数据指令与数据块、子程序与 CALL 指令、中断、高速输入/输出、SCR 指令与顺序控制、PID 控制和通信控制；第 11 讲和第 12 讲通过工程案例详细地阐述了 S7-200 PLC 在无铅波峰焊接机中的应用和 S7-200 PLC 在恒压供水中的应用。

本书的众多工程实践也进一步证明：PLC 系统硬件技术成熟、性能价格比较高、运行稳定可靠、开发过程也简单方便、运行维护成本很低。上述特点造就了 PLC 的旺盛生命力，造就了 PLC 的快速进化。从目前全球市场调研来看，西门子系列 PLC 占据了 30% 以上的市场份额，其中西门子 S7-200 PLC 具有结构简单、编程方便、性能优越、灵活通用、使用方便、可靠性高、抗干扰能力强等一系列优点，在国内的电气控制设备与工业生产过程自动控制领域得到广泛的应用。

本书通俗易懂，对于每一个项目，从控制要求、电气设计、硬件配置和软件编程等都一一展开，阐述详细。因此，通过本书的学习，不仅能了解一般电气自动化控制系统设计过程、设计要求、应完成的工作内容和具体设计方法，同时也有助于达到在工程设计中灵活应用的目的。

在本书的编写过程中，不仅得到了张永惠教授的大力支持，而且也得到了西门子（中国）有限公司、宁波中华纸业有限公司、宁波钢铁有限公司、常州米高电子科技有限公司等厂商相关人员的帮助，并提供了相当多的典型案例和维护经验。在编写过程中参考和引用了国内外许多专家、学者最新发表的论文和著作等资料，作者在此一并致谢。本书由李方园为主编写，参加编写工作的还有杨帆、钟晓强、乐斌、陈亚玲、叶明、陈贤富、沈阿宝、陈亚珠、李伟庄、章富科、方定桂、刘军毅、戴琴、王永行、刘伟红等。

本书的大部分程序案例都可以到机械工业出版社网站上进行下载，网址：http://www.cmpbook.com。

作　者

2011 年 7 月 28 日

目　　录

前言
第 1 讲　S7-200 PLC 入门与编程环境熟悉 ········ 1
1.1　PLC 概述与 S7-200 的引入 ········ 1
1.2　S7-200 PLC 的数据类型 ········ 8
1.3　安装编程软件 ········ 10
1.4　利用编程软件进行简单编程 ········ 15
第 2 讲　梯形图设计与仿真 ········ 24
2.1　梯形图的设计方法与 LAD 编辑、编译 ········ 24
2.2　位逻辑、定时器与计数器 ········ 29
2.3　S7-200 PLC 仿真软件的使用 ········ 37
2.4　LAD 设计与仿真案例：自动开关门控制 ········ 44
第 3 讲　扩展模块与 PLC 设置 ········ 49
3.1　数字量扩展模块 ········ 49
3.2　扩展模块寻址与仿真 ········ 52
3.3　模拟量扩展模块 ········ 55
3.4　PLC 的系统块设置与信息 ········ 60
第 4 讲　数据指令与数据块 ········ 67
4.1　常见的数据指令 ········ 67
4.2　数据指令应用案例：自动分装控制 ········ 73
4.3　数据块操作 ········ 76
4.4　数据块应用：TD200 文本显示与仿真 ········ 79
第 5 讲　子程序与 CALL 指令 ········ 86
5.1　子程序概念与 CALL 指令 ········ 86
5.2　子程序应用案例：简易机械手控制 ········ 88
第 6 讲　中断及其应用 ········ 98
6.1　中断子程序的类型 ········ 98
6.2　中断应用案例一：报警灯应用 ········ 103
6.3　中断应用案例二：水位显示 ········ 106
第 7 讲　高速输入输出及其应用 ········ 114
7.1　高速计数器的硬件功能 ········ 114
7.2　高速输入编程 ········ 119
7.3　高速脉冲输出及其编程 ········ 126
7.4　高速输入输出应用案例：光电纠偏控制系统 ········ 138
第 8 讲　SCR 指令与顺序控制 ········ 146
8.1　顺序控制设计法概述 ········ 146
8.2　SCR 系列指令 ········ 148
8.3　顺序控制应用案例：纸卷输送控制 ········ 150
第 9 讲　PID 控制 ········ 155
9.1　PID 控制原理 ········ 155
9.2　PID 标准指令 ········ 157
9.3　PID 向导的使用 ········ 160
9.4　PID 控制应用案例：恒液位控制 ········ 167
第 10 讲　通信控制 ········ 170
10.1　S7-200 PLC 通信 ········ 170
10.2　PPI 通信模式 ········ 177
10.3　自由口通信模式 ········ 183
10.4　通信应用案例一：泵站远程监控 ········ 188
10.5　通信应用案例二：与三星变频器进行通信 ········ 196
第 11 讲　S7-200 在无铅波峰焊接机中的应用 ········ 208
11.1　无铅波峰焊接机的工作流程与硬件线路 ········ 208
11.2　无铅波峰焊接机的流程控制与编程 ········ 211
第 12 讲　S7-200 在恒压供水中的应用 ········ 223
12.1　恒压供水的系统组成 ········ 223
12.2　恒压供水系统控制流程与程序设计 ········ 237
参考文献 ········ 249

第1讲　S7-200 PLC入门与编程环境熟悉

导读

自20世纪60年代第一台PLC问世以来，PLC已很快被应用到汽车制造、机械加工、冶金、矿业、轻工等各个领域，大大推进了机电一体化进程。经过长时间的发展和完善，PLC的编程概念和控制思想已为广大的自动化行业人员所熟悉，这是一个目前任何其他工业控制器［包括集散控制系统（DCS）和现场总线控制系统（FCS）等］都无法与之相提并论的巨大知识资源。

1.1　PLC概述与S7-200的引入

1. 第一台PLC的出现

可编程序控制器，英文称为Programmable Logic Controller，简称PLC。

在20世纪60年代，汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的。当时汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展，汽车型号更新的周期越来越短，这样，继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装，十分费时、费工、费料，甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一现状，美国通用汽车公司在1969年公开招标，要求用新的控制装置取代继电器控制装置，并提出了十项招标指标，即：①编程方便，现场可修改程序；②维修方便，采用模块化结构；③可靠性高于继电器控制装置；④体积小于继电器控制装置；⑤数据可直接送入管理计算机；⑥成本可与继电器控制装置竞争；⑦输入可以是交流115V；⑧输出为交流115V、2A以上，能直接驱动电磁阀、接触器等；⑨在扩展时，原系统只要很小变更；⑩用户程序存储器容量至少能扩展到4KB。1969年，美国数字设备公司（DEC）研制出第一台PLC，在美国通用汽车公司自动装配线上试用，获得了成功。这种新型的工业控制装置以其简单易懂、操作方便、可靠性高、通用灵活、体积小、使用寿命长等一系列优点，很快地在美国其他工业领域推广应用。到1971年，PLC已经成功地应用于食品、饮料、冶金、造纸等工业领域。这一新型工业控制装置的出现，也受到了世界其他国家的高度重视。1971年日本从美国引进了这项新技术，很快研制出了日本第一台PLC。1973年，西欧国家也研制出他们的第一台PLC。我国从1974年开始研制，于1977年开始工业应用。

2. 继电器、梯形图逻辑到PLC的演化

图1-1所示的继电器无论在过去还是现在一直都被大量使用着，但是作为控制系统的核心，继电器已经很少使用，而是被PLC所替代，这是因为PLC从一开始就融合了继电器控制电路。

继电器的原理非常简单，以电磁式继电器为例，它一般由铁心、线圈、衔铁、触点簧片等组成。只要在线圈两端加上一定的电压，线圈中就会流过一定的电流，从而产生电磁效应，衔铁就会在电磁力吸引的作用下克服返回弹簧的拉力吸向铁心，从而带动衔铁的动触点

与静触点（常开触点）闭合，常用触点断开。当线圈断电后，电磁的吸力也随之消失，衔铁就会在弹簧的反作用力下返回原来的位置，使原来闭合的动触点与静触点闭合。这样闭合、断开，从而达到了使电路接通、断开的目的，PLC 与继电器如图 1-2 所示。

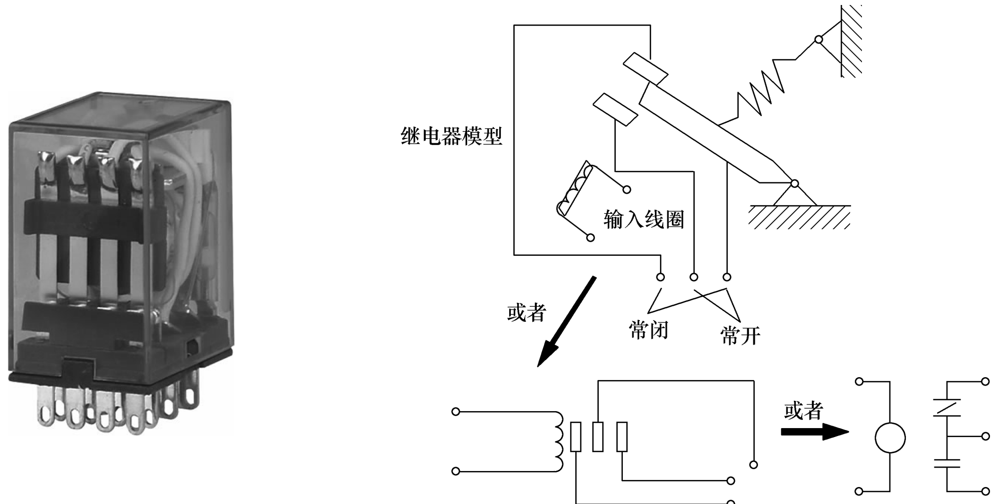


图 1-1　继电器

图 1-2　PLC 与继电器

梯形图是实现顺序控制逻辑的专用设计工具，用它来描述的控制逻辑非常直观易懂。梯形图的控制逻辑如图 1-3 所示，线圈 A、B 和线圈 C 中常开、常闭触点与线圈的逻辑关系可以很方便地用梯形图逻辑来表示，输入 A 非与输入 B 相与，其结果就是输出 C。由此看来，梯形图工具使得输入和输出的逻辑关系更加简便、开发效率高、对电路设计者的要求很低。

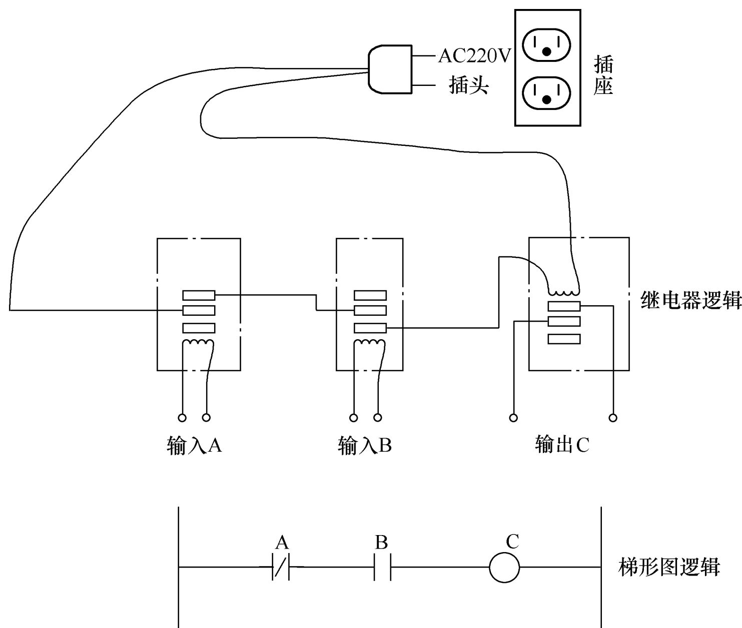


图 1-3　梯形图的控制逻辑

梯形图以两根平行的竖线分别表示电源线和地线，在这两根竖线之间，用横线表示电气

连接线，将各种代表逻辑量（“ON”或“OFF”）的元件触点及输出执行元件的线圈用横线串接成一条电气回路。多条这样的回路并列在一起，形状如同阶梯，就构成了实现所需顺序控制逻辑的梯形图。

一个典型的顺序控制电路梯形图如图 1-4 所示。在梯形图回路中，当所有串联的触点全部都处于“ON”状态时，回路就处于导通状态，回路末端的输出执行元件线圈被接通。例如，当 A 为“OFF”，B 为“ON”时，执行元件 C 就被接通，产生输出动作。

从图 1-4 中可以看出，在这个控制电路中，输入和输出是被隔离的，它们之间的关系就是靠梯形图来建立的。假如这个梯形图不是固定的，是可以随意进行修改的，并通过存储器来保存，那么这个控制器就是可以编程的，这就是 PLC。

在 PLC 的梯形图中，一般都规定执行元件不能多个串联，而其触点所代表的逻辑量则可以在梯形图中被多次反复引用，当然电路的各输入/输出（I/O）信号也可以在梯形图中被多次反复引用。梯形图是一种软件，是 PLC 图形化的程序。在继电器电路中，各个继电器可以并行工作，而 PLC 则是串行工作的，即 PLC 的中央处理单元（CPU）在同一时间只能处理一种指令。

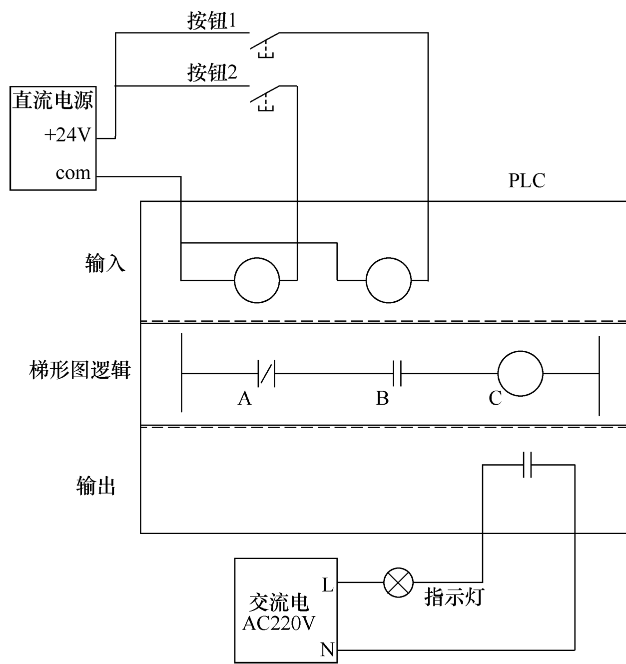


图 1-4　典型的顺序控制电路梯形图

3. PLC 的进化

自 20 世纪 60 年代第一台 PLC 问世以来，PLC 已很快被应用到汽车制造、机械加工、冶金、矿业、轻工等各个领域，大大推进了机电一体化进程。

经过长时间的发展和完善，PLC 的编程概念和控制思想已为广大的自动化行业人员所熟悉，这是一个目前任何其他工业控制器（包括 DCS 和 FCS 等）都无法与之相提并论的巨大知识资源。实践也进一步证明：PLC 系统硬件技术成熟、性能价格比较高、运行稳定可靠、开发过程也简单方便、运行维护成本很低。上述特点造就了 PLC 的旺盛生命力，造就了

PLC 的快速进化。

现在的 PLC 是以微处理器为基础，综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术发展而来的一种新型工业控制装置，是工业控制的主要手段和重要的基础设备之一，并与机器人、计算机辅助设计/计算机辅助制造（CAD/CAM）并称为工业生产的三大支柱。

PLC 的进化是在继电器控制逻辑基础上，与计算机、控制、通信（Computer、Control、Communication，3C）技术相结合，不断发展完善的。它从过去的小规模、单机、顺序控制，已经发展到包括过程控制、传动控制、位置控制、通信控制等场合的大部分现代工业控制领域和部分商用民用控制领域。在通信能力上，由于现场总线的出现，使得一个个独立的 PLC 系统不再是信息孤岛。实时以太网技术也走进了 PLC 厂商的视野，甚至在实时以太网产品中已经能够支持 CANOpen 等现场总线。实时以太网应用的另一方面意义在于，控制层与管理层的界线不再那么截然分明。随着 PLC 运算能力的不断提高，PLC 在数据交换方面的能力和需求也在不断提高，另一方面，信息技术（IT）的飞速发展使得微型高速存储设备的容量越来越大，价格越来越低，可靠性却越来越有保障。越来越多的 PLC 控制系统已经在使用 64MB、128MB 甚至更大容量的闪速（Flash）存储设备。

从长远来讲，PLC 的制造商将会根据工业用户的需求集成更多的系统功能，逐渐降低用户的使用难度，缩短开发周期，节约产品开发成本。但是这是一个逐渐发展的过程。就目前技术现状而言，一些复杂的控制要求依然要使用那些“高档”的控制系统，使用相对复杂的编程手段，对工业用户依然要求具备专业的控制技术知识。

4. PLC 的定义

国际电工委员会（IEC）于 1982 年 11 月和 1985 年 1 月颁布了 PLC 标准的第 1 稿和第 2 稿，对 PLC 作了如下的定义：“PLC 是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它可采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的命令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械和生产过程。PLC 及其有关设备，都应易于与工业控制系统连成一个整体，易于扩充功能的原则而设计。”

5. PLC 实现控制的原理

组成 PLC 的模块是 PLC 的硬件基础，只有弄清所选用的 PLC 都具有哪些模块及其特点，才能正确选用模块，去组成一台完整的 PLC（见图 1-5），以满足控制系统对 PLC 的要求。

常见的 PLC 模块有：

1）CPU 模块，它是 PLC 的硬件核心。PLC 的主要性能，如速度、规模都由它的性能来体现。

CPU 模块由微处理器系统、系统程序存储器和用户程序存储器组成，其本质为一台计算机，该计算机负责系统程序的调度、管理、运行和 PLC 的自诊断，负责将用户程序作出编译解释处理以及调度用户目标程序运行的任务。

2）电源模块，它为 PLC 运行提供内部工作电源，而且有的还可为输入信号提供电源。

PLC 的工作电源一般为交流单相电源，电源电压必须与额定电压相符，如 AC110V 或 AC220V，当然也有 DC24V 供电的。PLC 对电源的稳定性要求不高，一般都允许电源电压额

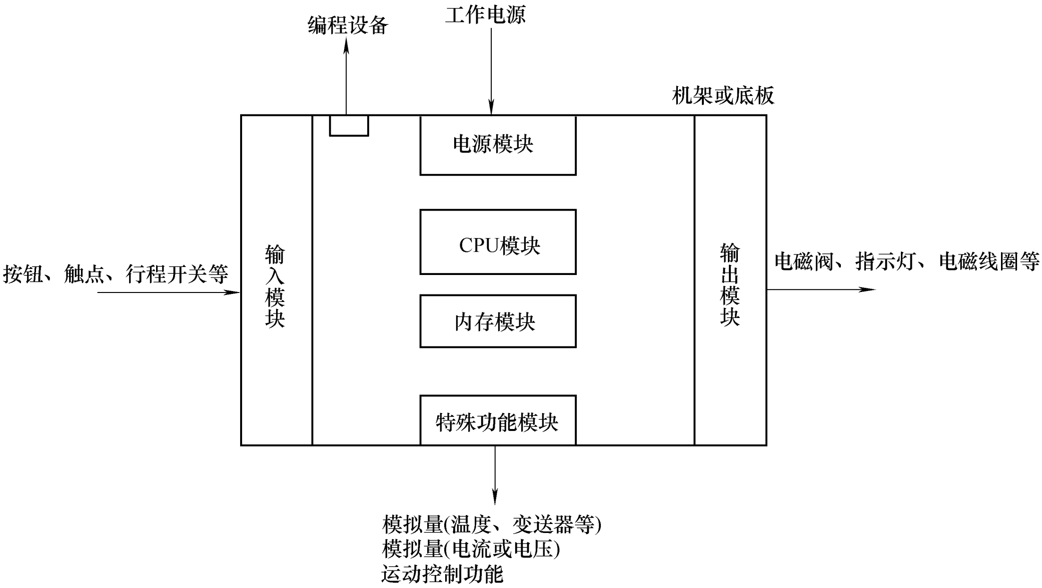


图 1-5　PLC 的组成示意

定值在 ±15% 的范围内波动，有些交流输入电源甚至允许在 AC85V ~ AC240V 的范围内波动。

3）I/O 模块，它包括输入/输出（I/O）电路，并根据类型划分为不同规格的模块。

- 输入部分

PLC 与生产过程相连接的输入通道，输入部分接收来自生产现场的各种信号，如限位开关、按钮、传感器的信号等。

- 输出部分

PLC 与生产过程相连接的输出通道，输出部分接受 CPU 的处理输出，并转换成被控设备所能接收的电压、电流信号，以驱动被控设备。

4）内存模块，它主要存储用户程序，有的还为系统提供辅助的工作内存，在结构上内存模块都是附加于 CPU 模块之中。

5）底板、机架，它为 PLC 各模块的安装提供基板，并为模块间的联系提供总线。若干底板间的联系有的用接口模块，有的用总线接口。

箱体式的小型 PLC 的主箱体就是把上述几种模块集成在一个箱体内，并依可能提供 I/O 点数的多少，划分为不同的规格。

箱体式的 PLC 还有 I/O 扩展箱体，它不含 CPU，仅有电源及 I/O 单元的功能。扩展箱体也是按 I/O 点数的多少划分有不同的规格。

6. S7-200 PLC

西门子 S7-200 系列小型 PLC 适用于各行各业、各种场合中的检测、监测及控制的自动化，它的强大功能使其无论在独立运行中或相连成网络都能实现复杂的控制功能。

S7-200 CPU 将一个微处理器、一个集成电源和数字量 I/O 点集成在一个紧凑的箱体中，从而形成了一个功能强大的小型 PLC，S7-200 PLC 的 CPU 单元设计如图 1-6 所示。

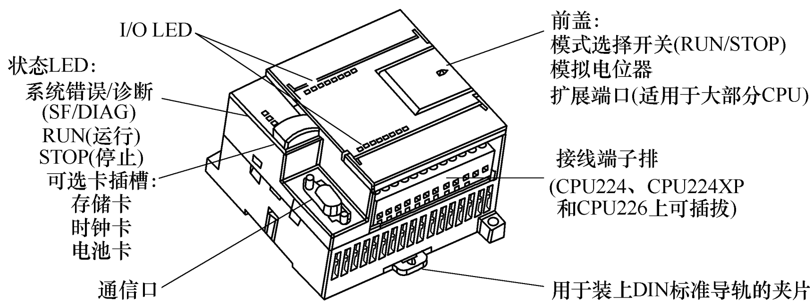


图 1-6　S7-200 PLC 的 CPU 单元设计

S7-200PLC 具有集成的 24V 负载电源，它可直接连接到传感器、变送器和执行器，CPU221、CPU222 具有 180mA 输出，CPU224、CPU224XP、CPU226 分别输出 280mA 或 400mA，可用作负载电源。

S7-200 PLC 提供了多种类型的 CPU 以适应各种应用，各种 CPU 的特性比较见表 1-1。

表 1-1　S7-200 PLC 的各种 CPU 特性比较

特性	CPU221	CPU222	CPU224	CPU224XP	CPU226
外形尺寸/mm	90×80×62	90×80×62	120.5×80×62	140×80×62	190×80×62
程序存储器容量/B 可在运行模式下编辑 不可在运行模式下编辑	 4096 4096	 4096 4096	 8192 12288	 12288 16384	 16384 24576
数据存储区容量/B	2048	2048	8192	10240	10240
掉电保持时间/h	50	50	100	100	100
本机 I/O 数字量 模拟量	 6 入/4 出 —	 8 入/6 出 —	 14 入/10 出 —	 14 入/10 出 2 入/1 出	 24 入/16 出 —
扩展模块数量/个	0	2	7	7	7
高速计数器 单相 双相	 4 路 30kHz 2 路 20kHz	 4 路 30kHz 2 路 20kHz	 6 路 30kHz 4 路 20kHz	 4 路 30kHz 2 路 200kHz 3 路 20kHz 1 路 100kHz	 6 路 30kHz 4 路 20kHz
脉冲输出（DC）	2 路 20kHz	2 路 20kHz	2 路 20kHz	2 路 100kHz	2 路 20kHz
模拟电位器数量/个	1	1	2	2	2
实时时钟	配时钟卡	配时钟卡	内置	内置	内置
通信口	1　RS-485	1　RS-485	1　RS-485	2　RS-485	2　RS-485
浮点数运算	有				
I/O 映像区	256 点（128 输入/128 输出）				
布尔指令执行速度	0.22μs/指令				

S7-200 CPU 的种类比较多，但根据输出结构，大致分为两类，即输出为晶体管的和输出为继电器的。图 1-7a 和图 1-7b 所示是晶体管输出、继电器输出的基本接线图（以 CPU224 为例）。

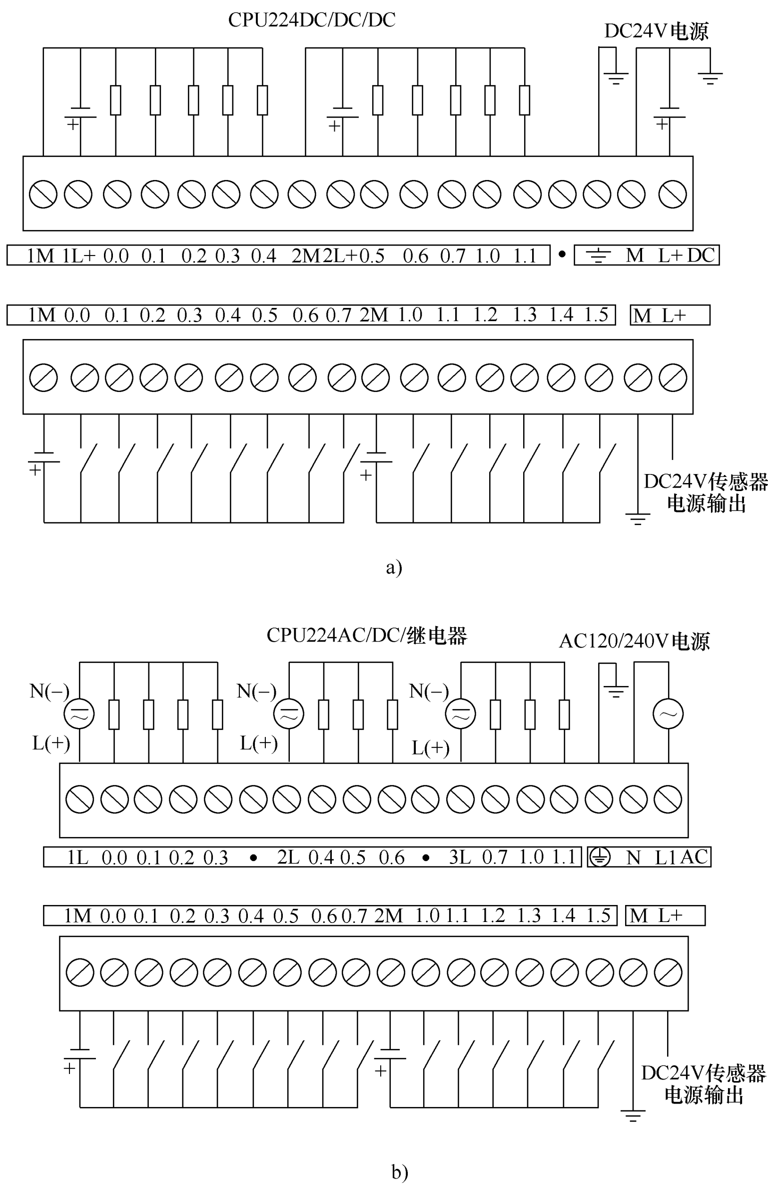


图 1-7　晶体管输出、继电器输出的基本接线图
a）晶体管输出　b）继电器输出

图 1-8 所示为 CPU222 的实际接线图。

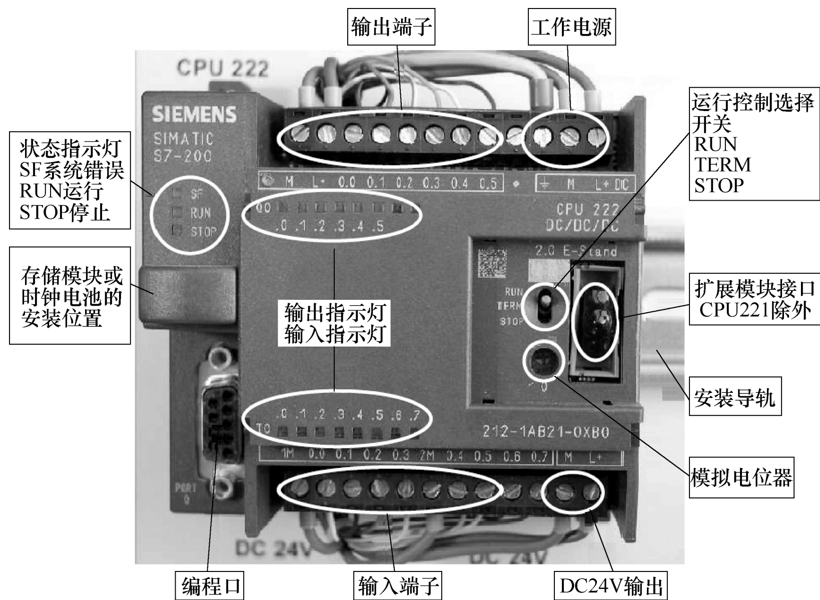


图 1-8　CPU222 的实际接线图

1.2　S7-200 PLC 的数据类型

1. S7-200 PLC 的数据类型

由于 PLC 执行的是计算机控制程序，因此在编程过程中会涉及数据类型的检验。S7-200 PLC 的基本数据类型见表 1-2。

表 1-2　S7-200 PLC 的基本数据类型

基本数据类型	数据类型大小	说明	范围
位	1 位	布尔逻辑	0 ~ 1
字节	8 位	不带符号的字节	0 ~ 255
字节	8 位	带符号的字节（SIMATIC 模式仅限用于 SHRB 指令）	-128 ~ +127
字	16 位	不带符号的整数	0 ~ 65535
整数	16 位	带符号的整数	-32768 ~ +32767
双字	32 位	不带符号的双整数	0 ~ 4294967295
双整数	32 位	带符号的双整数	-2147483648 ~ +2147483647
实数	32 位	IEEE（美国电气与电子工程师学会）32 位浮点	+1.175495E-38 ~ +3.402823E+38 -1.175495E-38 ~ 3.402823E+38
字符串	2 ~ 255 字节	ASCII（美国信息交换标准码）字符串照原样存储在 PLC 内存中，形式为 1 字符串长度接 ASCII 数据字节	ASCII 字符代码 128 ~ 255

根据基本数据类型，S7-200 PLC 的各数据存储区寻址见表 1-3。

表 1-3　数据存储区寻址

区域	说明	作为位存取	作为字节存取	作为字存取	作为双字存取
I	离散输入和映像寄存器	读取/写入	读取/写入	读取/写入	读取/写入
Q	离散输出和映像寄存器	读取/写入	读取/写入	读取/写入	读取/写入
M	内部内存位	读取/写入	读取/写入	读取/写入	读取/写入
SM	特殊内存位（SM0 ~ SM29 为只读内存区）				
V	变量内存	读取/写入	读取/写入	读取/写入	读取/写入
T	定时器当前值和定时器位	T 位 读取/写入	否	T 当前 读取/写入	否
C	计数器当前值和计数器位	C 位 读取/写入	否	C 当前 读取/写入	否
HC	高速计数器当前值	否	否	否	只读
AI	模拟输入	否	否	只读	否
AQ	模拟输出	否	否	只写	否
AC	累加器寄存器	否	读取/写入	读取/写入	读取/写入
L	局部变量内存	读取/写入	读取/写入	读取/写入	读取/写入
S	SCR	读取/写入	读取/写入	读取/写入	读取/写入

2. S7-200 PLC 的直接编址

当用户编程时，可以使用直接编址为指令操作数编址。

S7-200 PLC 在具有独特地址的不同内存位置存储信息。用户可以明确识别希望存取的内存地址，允许程序直接存取信息，并直接编址指定内存区、大小和位置。例如，VW790 指内存区中的字位置 790。

欲存取内存区中的一个位，用户需要指定地址，包括内存区标识符、字节地址和前面带一个句号的位数。图 1-9 所示为存取位（亦称为“字节位”编址）直接寻址的一个范例。在该范例中，内存区和字节地址（I ＝ 输入，2 ＝ 字节 2）后面是一个点号（“.”），用于分隔位址（位 6）。

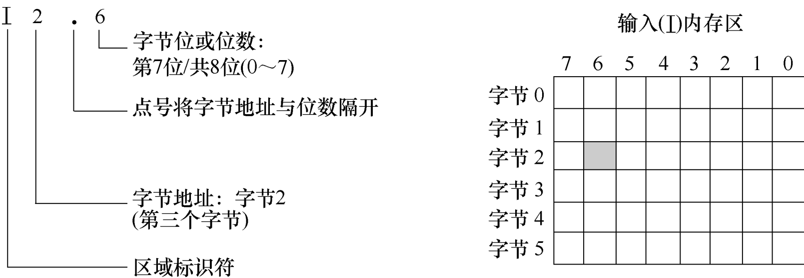


图 1-9　位直接寻址

用户可以使用字节地址格式将大多数内存区（V、I、Q、M、S、L 和 SM）的数据存取为字节、字或双字。如果存取内存中数据的字节、字或双字，必须以与指定位址相似的方法指定地址。如图 1-10 所示，这包括区域标识符，存取字节（数据）大小，指定字节、字或双字的字节地址。

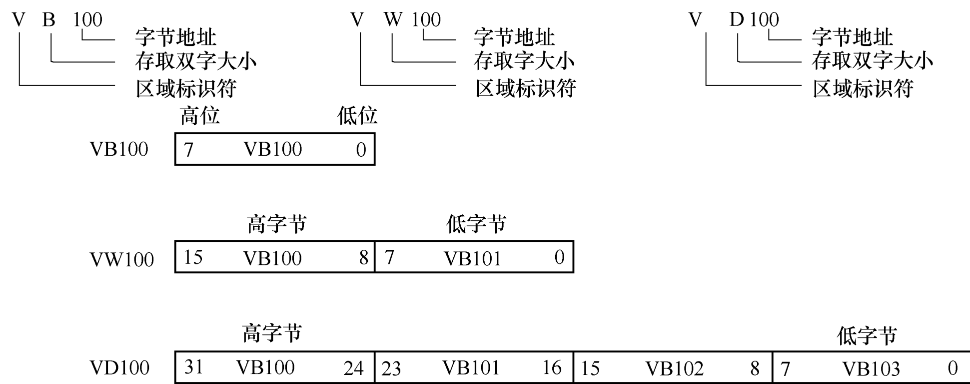


图 1-10　字节寻址举例

其他内存区中的数据（例如，T、C、HC 和累加器）可使用地址格式存取，地址格式包括区域标识符和设备号码。

3. S7-200 PLC 内存地址范围

建立程序时，必须确保输入的 I/O 和内存范围对即将下载程序的 CPU 有效。如果用户尝试下载的程序存取的 I/O 或内存位置超出 S7-200 CPU 的允许范围，就会收到一则错误信息。

以位为单位进行标识的 S7-200 PLC 内存地址范围见表 1-4，如果采用字节、字或双字，则可以根据数据类型进行转换。

表 1-4　以位为单位进行标识的 S7-200 PLC 内存地址范围

	内存类型	CPU221	CPU222	CPU224	CPU226
被存取位(字节.位)	V	0.0～2047.7	0.0～2047.7	0.0～5119.7　V1.22 0.0～8191.7　V2.00 0.0～10239.7　XP	0.0～5119.7　V1.23 0.0～10239.7　V2.00
	I	0.0～15.7	0.0～15.7	0.0～15.7	0.0～15.7
	Q	0.0～15.7	0.0～15.7	0.0～15.7	0.0～15.7
	M	0.0～31.7	0.0～31.7	0.0～31.7	0.0～31.7
	SM	0.0～179.7	0.0～299.7	0.0～549.7	0.0～549.7
	S	0.0～31.7	0.0～31.7	0.0～31.7	0.0～31.7
	T	0～255	0～255	0～255	0～255
	C	0～255	0～255	0～255	0～255
	L	0.0～59.7	0.0～59.7	0.0～59.7	0.0～59.7

注：XP 表示 CPU224XP 型号；V1.22 等表示版本号。

1.3　安装编程软件

1. 准备工作

S7-200 PLC 所用的 STEP7-Micro/WIN V4.0 编程软件可以利用光盘进行安装，或从西门子公司网站下载，编程所需设备见表 1-5。

表 1-5　编程所需设备

名称	型号或规格	数量
PLC	S7-200 CPU222 或 CPU224（AC/AC/继电器和 DC/DC/DC）	各 1 台
编程软件	STEP7-Micro/WIN V4.0（建议 SP7 以上）	1 套
编程下载电缆	PC/PPI 编程电缆［采用 COM 口或 USB（通用串行总线）接口］	1 根
编程计算机	具备串行口的通用计算机（或者采用 USB 扩展串口）	1 台

安装编程软件的计算机应使用 Windows 操作系统，为了实现 PLC 与计算机的通信，必须使用编程电缆，包括采用 COM 口的 PC/PPI 电缆（见图 1-11a）、采用 USB 接口的 USB-PPI 电缆（见图 1-11b）、PPI 多主站电缆或 MPI 电缆加安装在电脑中的通信处理器。



a)　　b)

图 1-11　编程电缆

a）PC/PPI 电缆　b）USB-PPI 电缆

2. 安装编程软件的步骤

西门子 S7-200 PLC 的编程软件为 STEP7-Micro/WIN，可以从西门子官方网站下载或使用安装光盘进行安装，建议选用 V4.0 SP7 版本以上的版本。

安装中文编程环境的步骤如下：

第一步：关闭所有应用程序，包括 Microsoft Office 快捷工具栏，在 Windows 资源管理器中打开安装文件所在区域（光盘、U 盘或硬盘），双击 Setup. exe 文件；

第二步：运行 Setup 程序，选择安装程序界面语言，并默认使用英语（见图 1-12），选择安装目的地文件夹；



图 1-12　选择设置语言

第三步：在安装过程中，会出现“设置 PG/PC 接口”窗口，按照编程电缆型号进行选择，一般选择 PC/PPI cable（见图 1-13）；



图 1-13　设置 PG/PC 接口

第四步：安装完成后，单击对话框上的完成按钮，重新启动计算机，重启后在 Windows 的“开始”菜单找到相应的快捷方式，运行 STEP7-Micro/WIN 软件，如图 1-14 所示；

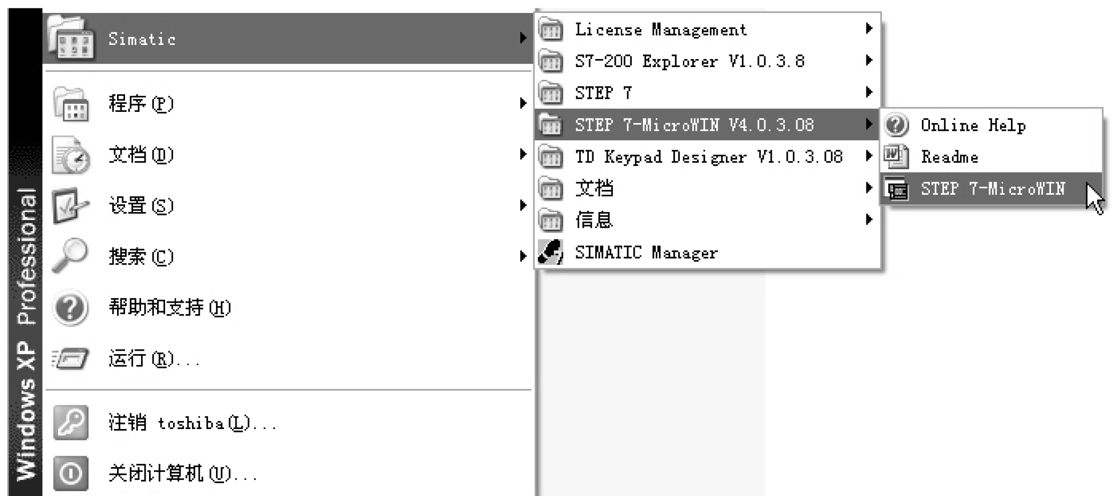


图 1-14　用快捷方式运行 STEP7-Micro/WIN 软件

第五步：在 STEP7-Micro/WIN 编程环境中，选择菜单 Tools→Options（见图 1-15），选择 General 选项卡，并设置为 Chinese（见图 1-16），改变设置后，退出编程环境，再次启动后即进入全中文编程界面。

3. 编程软件界面的熟悉

图 1-17 所示为按照以上步骤安装 STEP7-Micro/WINV4.0 版本编程软件的中文界面。

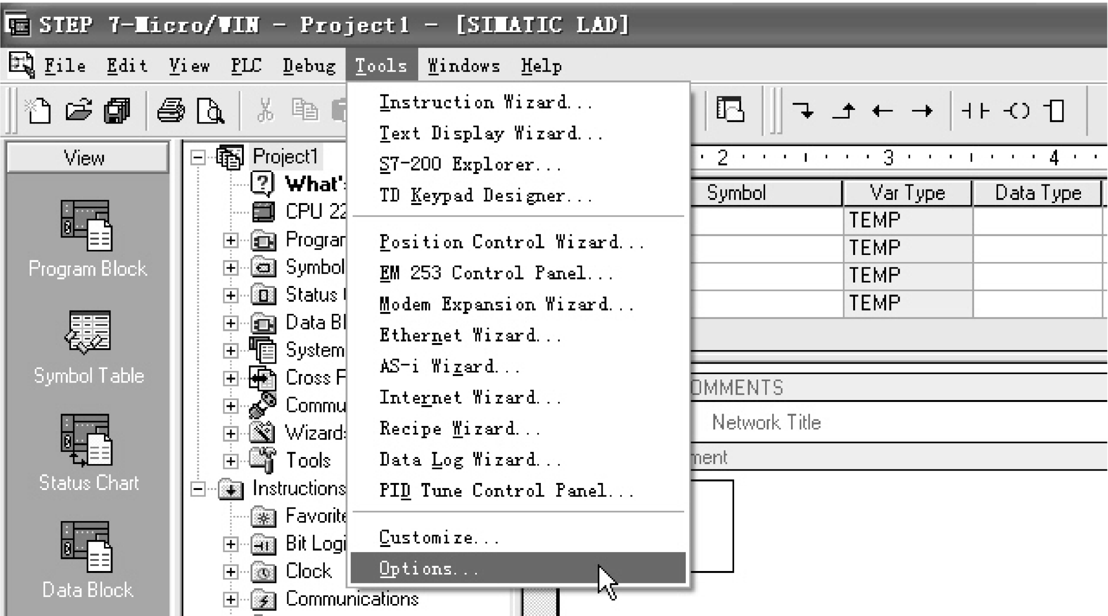


图 1-15　菜单 Tools→Options 选项

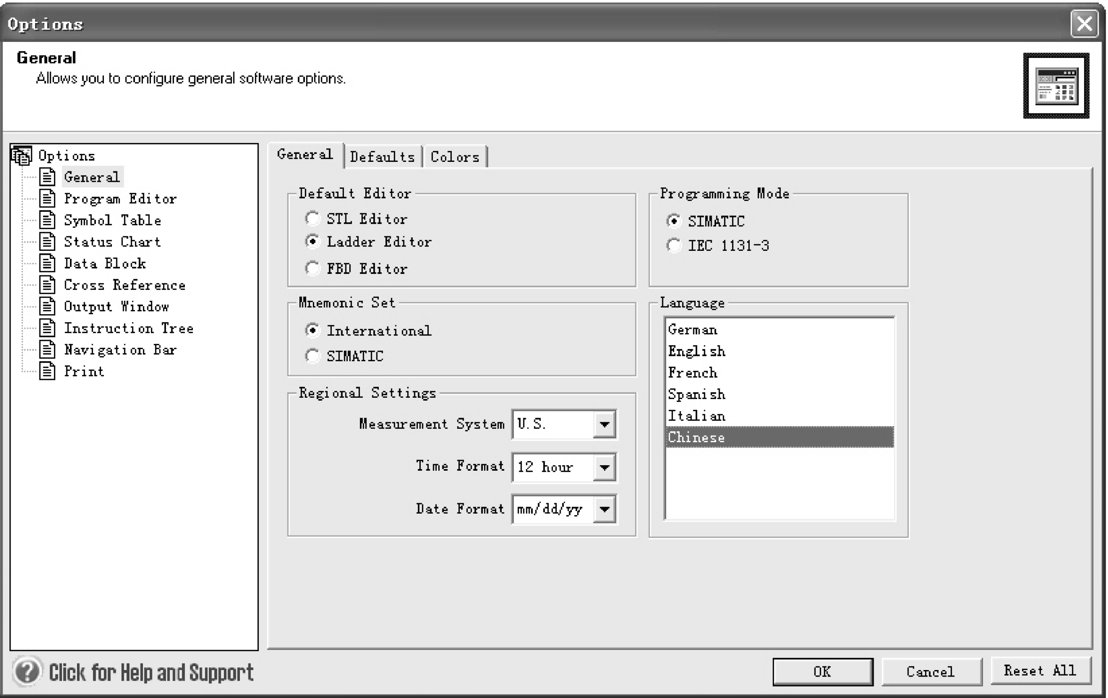


图 1-16　中文界面转换语言选择

（1）操作栏

显示编程特性的按钮控制群组：

“视图”——选择该类别，为程序块、符号表、状态表、数据块、系统块、交叉引用及通信显示按钮控制。

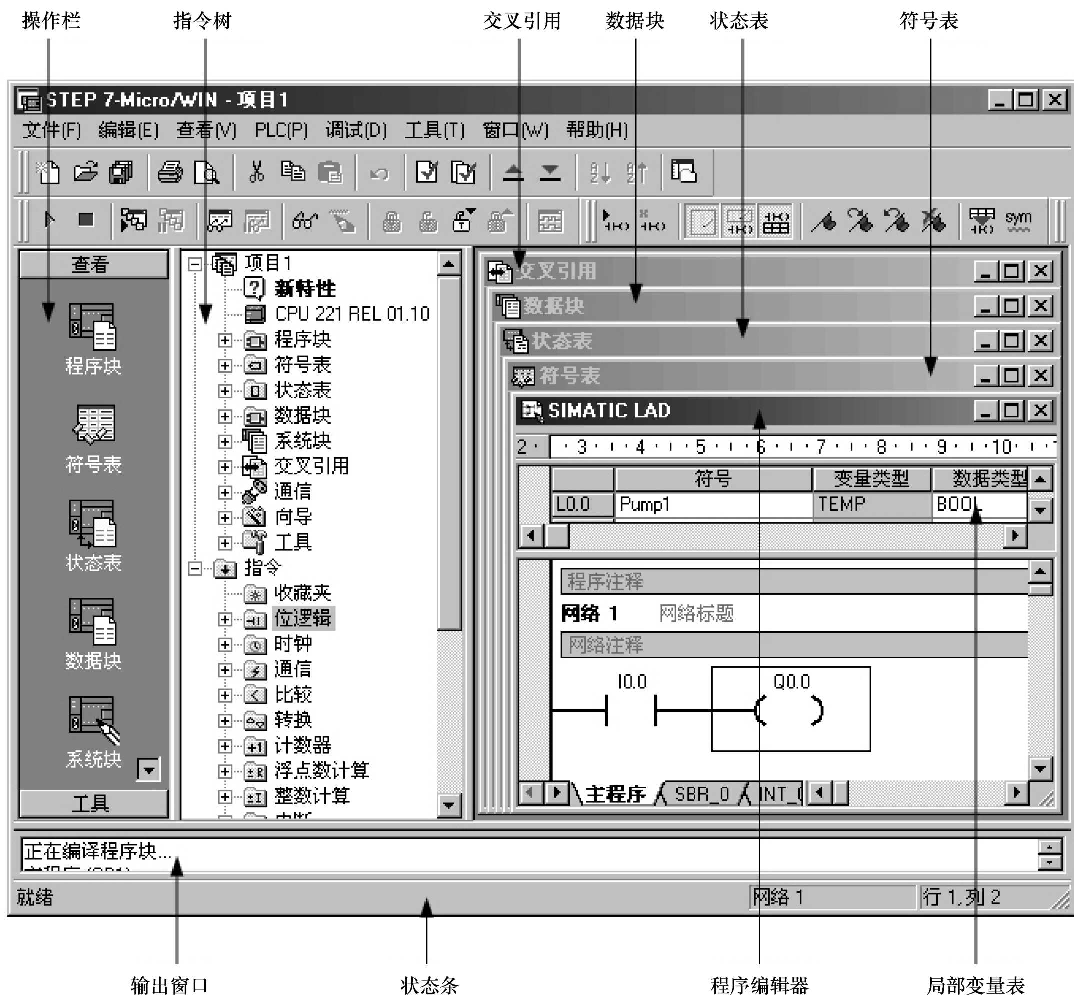


图 1-17　编程软件中的中文界面

“工具”——选择该类别，显示指令向导、文本显示向导、位置控制向导、EM 253 控制面板和调制解调器扩展向导的按钮控制。

当操作栏包含的对象因为当前窗口大小无法显示时，操作栏显示滚动按钮，使用户能向上或向下移动至其他对象。

（2）指令树

提供所有项目对象和为当前程序编辑器［LAD（梯形图）、FBD（功能块图）或 STL（结构文本语言）］提供的所有指令的树形视图。

用户可以用鼠标右键单击树中“项目”部分的文件夹，插入附加程序组织单元（POU）；也可以用鼠标右键单击单个 POU，打开、删除、编辑其属性表，用密码保护或重命名子程序及中断例行程序。

用户还可以用鼠标右键单击树中“指令”部分的一个文件夹或单个指令，以便隐藏整个树。一旦打开指令文件夹，就可以拖放单个指令或双击，按照需要自动将所选指令插入程序编辑器窗口中的光标位置。当然用户还可以将指令拖放在“偏好”文件夹中，排列经常

使用的指令。

（3）交叉引用

允许查看程序的交叉引用和组件使用信息。

（4）数据块

允许显示和编辑数据块内容。

（5）状态表

窗口允许将程序输入、输出或变量置入图表中，以便追踪其状态。用户可以建立多个状态表，以便从程序的不同部分查看组件。每个状态表在状态表窗口中有自己的标签。

（6）符号表/全局变量表窗口

允许分配和编辑全局符号（即可在任何 POU 中使用的符号值，不只是建立符号的 POU）。用户可以建立多个符号表，也可在项目中增加一个 S7-200 PLC 系统符号预定义表。

（7）输出窗口

在编译程序时提供信息，当输出窗口列出程序错误时，可双击错误信息，会在程序编辑器窗口中显示适当的网络。当编译程序或指令库时，提供信息，当输出窗口列出程序错误时，这时可以双击错误信息，会在程序编辑器窗口中显示适当的网络。

（8）状态条

提供在 STEP7-Micro/WIN 中操作时的操作状态信息。

（9）程序编辑器窗口

包含用于该项目的编辑器（LAD、FBD 或 STL）的局部变量表和程序视图。如果需要，可以拖动分割条，扩展程序视图，并覆盖局部变量表。当在主程序一（OB1）之外，建立子程序或中断例行程序时，标记出现在程序编辑器窗口的底部。可单击该标记，在子程序、中断和 OB1 之间移动。

（10）局部变量表

包含对局部变量所作的赋值（即子程序和中断例行程序使用的变量）。在局部变量表中，建立的变量使用暂时内存；地址赋值由系统处理；变量的使用仅限于建立此变量的 POU。

（11）菜单条

允许使用鼠标或键击执行操作。用户可以定制“工具”菜单，在该菜单中增加自己的工具。

（12）工具条

为最常用的 STEP7-Micro/WIN 操作提供便利的鼠标访问。用户可以定制每个工具条的内容和外观。

1.4　利用编程软件进行简单编程

1. 简单的灯控线路概述

图 1-18 所示为一简单的电气控制图（灯控线路），其所实现的功能有：1）当选择开关 SA1 闭合时，指示灯一亮，反之则灭；2）当选择开关 SA2 或 SA3 任何一个闭合时，指示灯二亮，只有当 SA2 和 SA3 都断开时，指示灯二才灭。

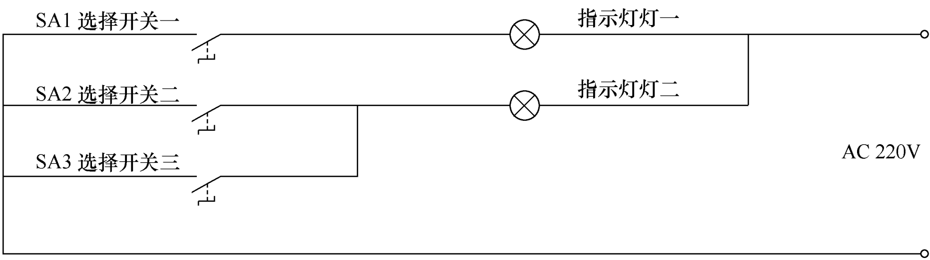


图 1-18　简单的电气控制图（灯控线路）

2. 采用西门子 S7-200 PLC 来进行线路改造

既然 PLC 能够实现电气控制功能，则可以采用西门子 S7-200 PLC 来进行线路改造，灯控线路的 PLC 接线如图 1-19 所示（为读者编程方便起见，本书中大多数案例均采用 CPU224 来进行，具体包括 CPU224 AC/DC/Relay 和 CPU224 DC/DC/DC 两种）。

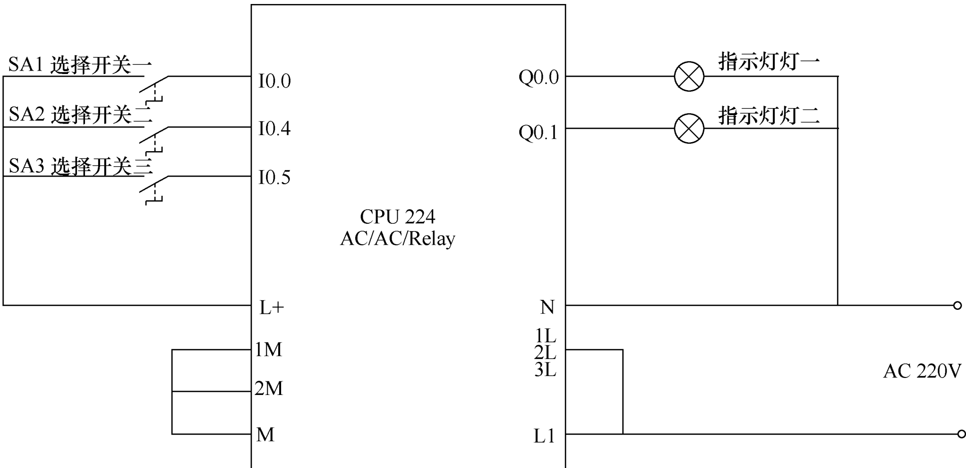


图 1-19　灯控线路的 PLC 接线

从图 1-19 中可以知道，I0. 0、I0. 4 和 I0. 5 接的是选择开关（简称“输入信号”），而 Q0. 0 和 Q0. 1 接的是指示灯（简称“输出信号”），两者在硬件接线上是分离的，而 PLC 的编程就是将选择开关和指示灯进行“程序联系”。

3. 采用梯形图（LAD）进行编程

梯形图（LAD）是各种 PLC 的通用语言，图 1-20 所示是简单逻辑程序。

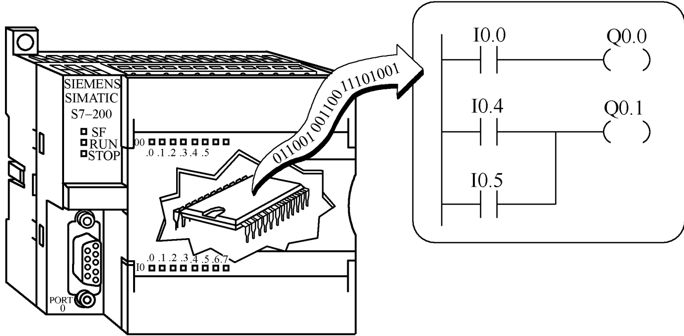


图 1-20　简单逻辑程序

灯控线路的 PLC 程序输入如图 1-21 所示。

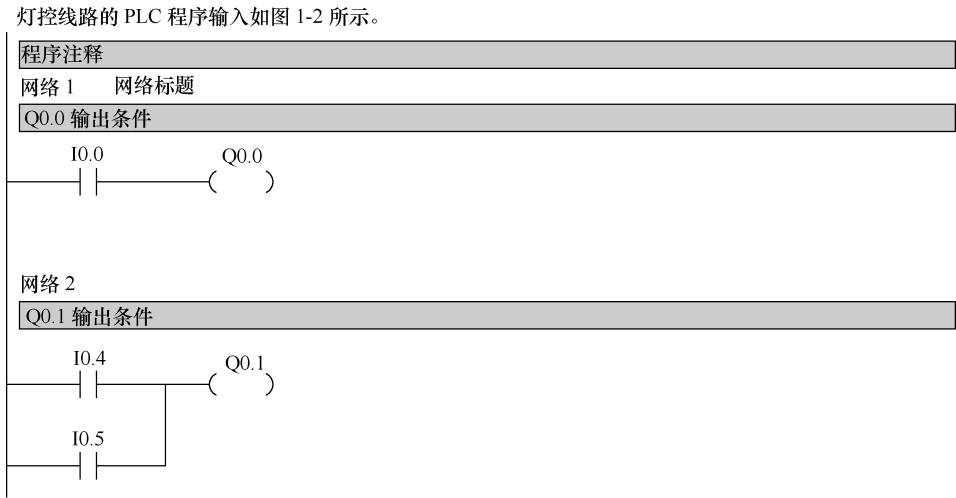


图 1-21　灯控线路的 PLC 程序输入

STEP7-Micro/WIN LAD 的编辑可以采用包括工具条按钮、指令树拖放和功能键等在内的多种方式。

4. 对梯形图（LAD）程序进行编译

可以用工具条按钮或 PLC 菜单进行编译（见图 1-22）。

当用户在编译时，“输出窗口”会列出发生的所有错误。错误根据位置（网络、行和列）以及错误类型进行识别。这时可以双击错误线，调出程序编辑器中包含错误的代码网络。

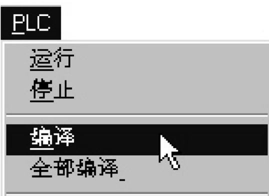


图 1-22　S7-200 PLC 程序编译

5. 通过 PC/PPI 编程电缆连接 PC 与 PLC

图 1-23 所示为进行 PC/PPI 编程电缆通信联机，一旦联机成功，即可下载程序到 PLC。

6. 下载程序，并使 CPU 处于运行状态

图 1-24 所示是程序的联机运行、停止与状态监控，其中 ▶ 为程序 RUN 命令；■ 为程序 STOP 命令；[图标] 为程序状态监控命令。

在程序下载过程中，需要正确选择 S7-200 PLC 的运行控制选择开关，在调试阶段，建议使用 TERM 状态，这样可以通过编程软件来直接控制 PLC 的运行（RUN）或停止（STOP）。

7. 采用符号表进行编程

符号表和全局变量表窗口允许用户编辑，并对全局的符号赋值，也可创造多重的符号表。在符号表/全局变量表中，也有为系统定义符号的制表符，用户可以在其程序中使用。

（1）常规操作方法介绍

1）打开符号表



图 1-23　PC/PPI 编程电缆通信联机

可利用下列方法打开符号表或全局变量表：

- 单击浏览条上的符号表按钮；
- 选择查看→符号表菜单命令；
- 打开指令树内的符号表或全局变量文件夹，然后双击表图标。

2）符号表赋值

欲为一地址指定符号，按照下列步骤进行：

- 打开符号表/全局变量表；
- 在符号名一列键入符号名（例如 Input1），符号最大允许长度为 23 个字符，使用 Tab、Enter 或箭头键（方向键）确认输入，并移至下一单元；
- 在地址一列键入实际元件的地址（例如 I0.0），直到为符号指定地址之前，一直将其表示为未定义符号（绿色波浪线），完成地址列赋值后，绿色波浪线被删除；
- 在注释一列键入注释（可选项）。

3）插入新行

可采用下列方法在符号表/全程变量表内插入新行：

- 选择菜单命令编辑→插入→行；
- 将在符号表/全程变量表的光标当前位置上面插入新行；
- 右击符号表/全程变量表内的某单元；
- 选择弹出菜单命令插入→行；

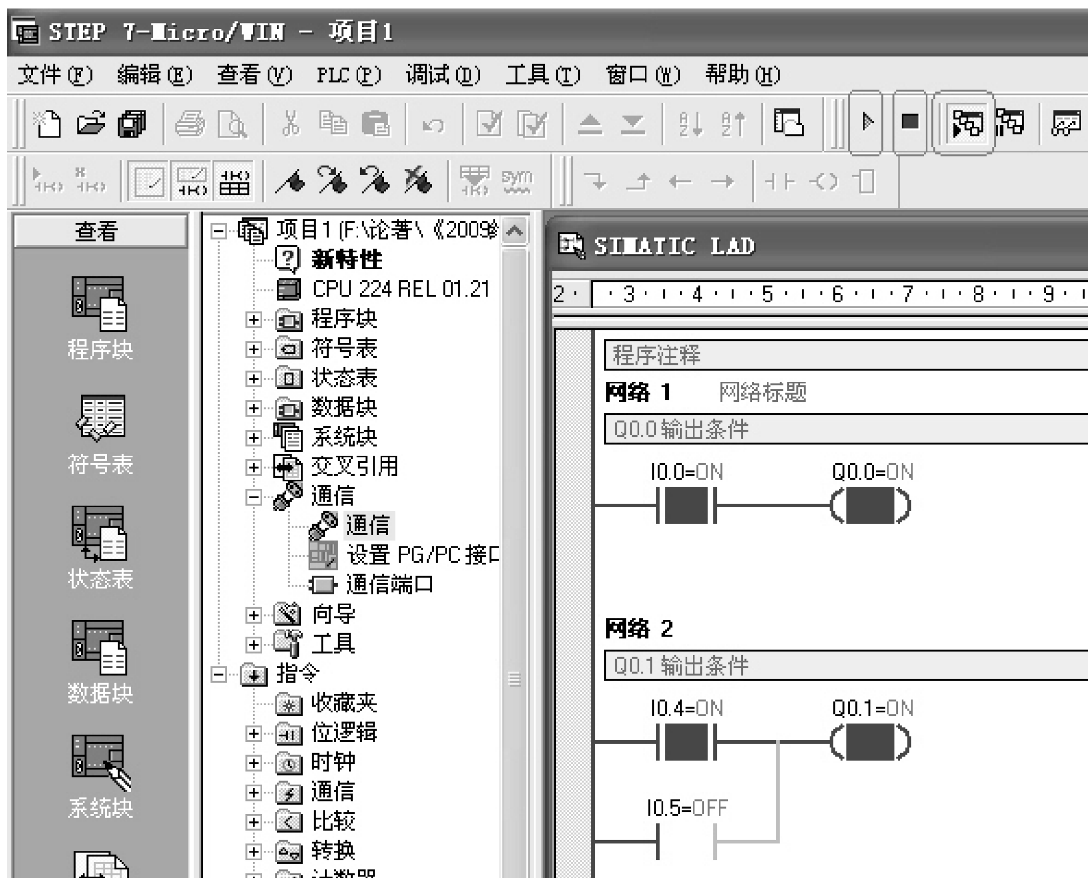


图 1-24　程序的联机运行、停止与状态监控

- 将在光标当前位置上面插入新行；
- 欲在符号表底部插入新行，将光标置于最后一行的任意单元内，按下箭头键。

4）创建额外的符号表

可采用下列几种方法为用户定义的名称创建额外的符号表：

- 从指令树，右击符号表文件夹，并选择弹出菜单命令插入符号表；
- 打开符号表窗口，并利用编辑菜单或右击符号表，弹出菜单，并选择插入 > 表。

注意：符号表的默认名为"USR1"或"用户定义 1"、"USR2"或"用户定义 2"……。用鼠标右键单击指令树中的符号表的默认名，可以弹出重命名菜单，可以为其重新命名。

（2）针对本案例进行的操作介绍

在本案例中，定义为图 1-25 所示的符号表，其中符号定义为中文字符，这样可便于国内用户理解。

从图 1-25 可以看出，其中表示符号未使用，这是因为尚未开始编程，等编程中使用完所有定义的符号，自然会消失。

在开始编程时，用户可以采用常规的变量输入方法，也可以采用图 1-26 所示的选择符



图 1-25　符号表



图 1-26　菜单中选择符号命令

号菜单。

在选择符号菜单后，就会跳出图 1-27 所示的选择符号窗口，该框图中有用户刚刚定义好的所有符号，同时还有主程序名（即 POU 符号）等。这种方法可以避免去进行记忆变量地址。

图 1-28 所示为采用符号的程序，显然这方便了用户理解，当然，更大的优点就是当用户更改地址名时，其符号可以始终不变。

为了方便程序中，符号与变量地址的对应，可以选择图 1-29 所示的菜单“符号信息表”选项。图 1-30 所示就是图 1-24 有符号信息表选项的程序。

当将程序编辑完，再回过头来看符号表，就会发现图 1-31 所示的情形，即已经消失。

（3）S7-200 PLC 自身的符号

用户在编程中经常会用到 S7-200 PLC 中的特殊变量，比如 SM0.0 为始终接通信号、SM0.1 表示仅第一个扫描周期为 ON 等，这时用户只需要在符号表中选择图 1-32 所示的选项即可，这时就会看到图 1-33 所示的 S7-200 符号表，这对于用户编程来说非常便捷。

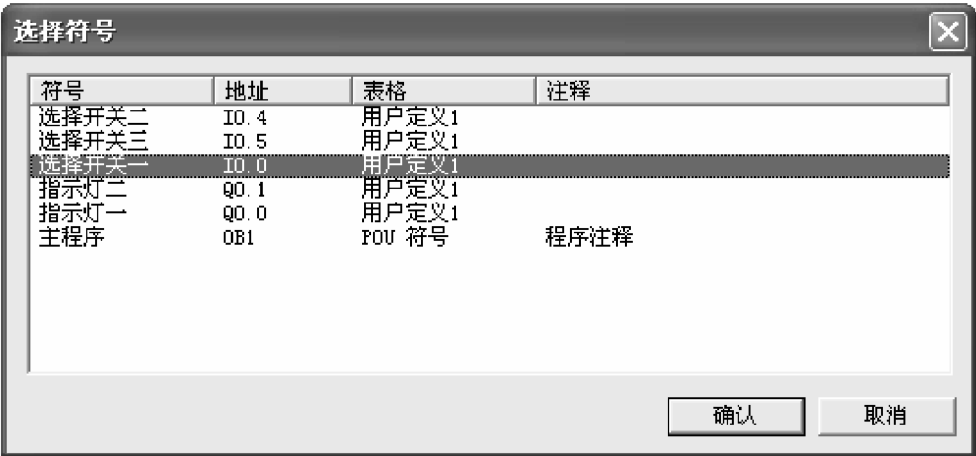


图 1-27　选择符号窗口

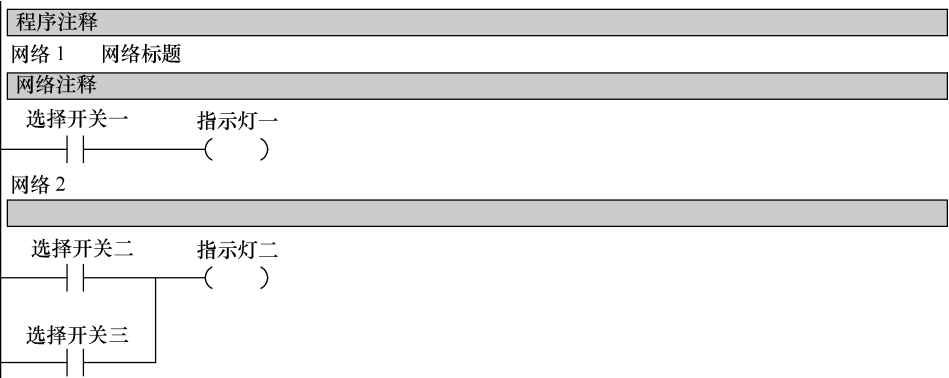


图 1-28　采用符号的程序



图 1-29　选择符号信息表选项

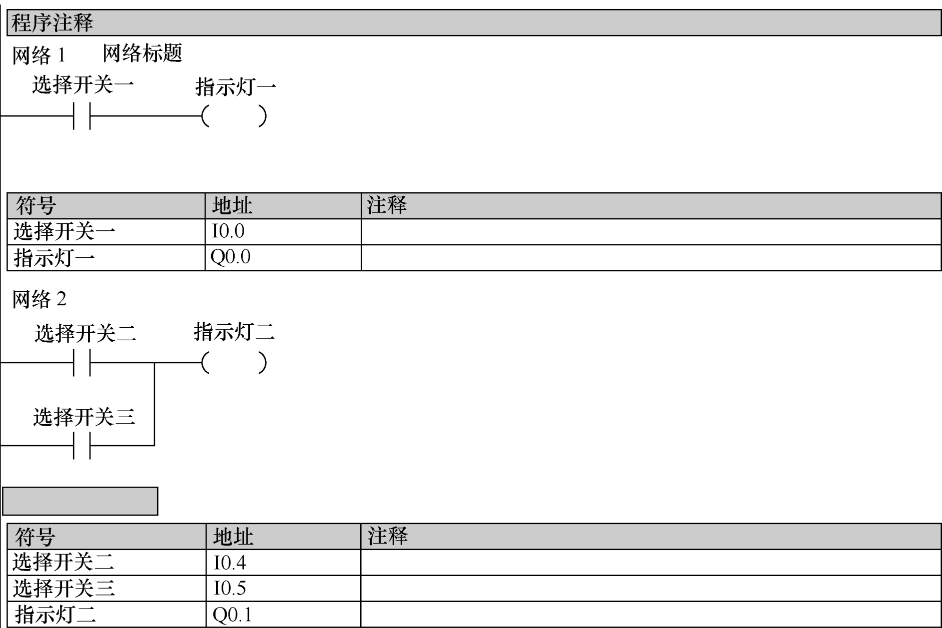


图 1-30　有符号信息表选项的程序



图 1-31　编辑后的符号表状态



图 1-32　插入 S7-200 符号表

			符号	地址	注释
1			Always_On	SM0.0	始终接通为 ON
2			First_Scan_On	SM0.1	仅第一个扫描周期中接通为 ON
3			Retentive_Lost	SM0.2	如果保持的数据丢失，接通为 ON 一个扫描周期
4			RUN_Power_Up	SM0.3	以上电方式进入 RUN（运行）模式时，接通为 ON 一个扫描周期
5			Clock_60s	SM0.4	在 1min 的循环周期内，接通为 ON 30 s，关断为 OFF 30 s
6			Clock_1s	SM0.5	在 1s 的循环周期内，接通为 ON 0.5s，关断为 OFF 0.5 s
7			Clock_Scan	SM0.6	扫描循环时钟，一个周期接通为 ON，下一个周期关断为 OFF
8			Mode_Switch	SM0.7	表明模式开关的当前位置：0 = TERM（终端），1 = RUN（运行）
9			Result_0	SM1.0	特定指令的操作结果 = 0时，置位为 1
10			Overflow_Illegal	SM1.1	特定指令执行结果溢出或数值非法时，置位为 1
11			Neg_Result	SM1.2	当运算结果为负时，置位为 1
12			Divide_By_0	SM1.3	当尝试用零除时，置位为 1
13			Table_Overflow	SM1.4	当填表指令尝试填充表格超限时，置位为 1
14			Table_Empty	SM1.5	当 LIFO 或 FIFO 指令尝试读取空表时，置位为 1
15			Not_BCD	SM1.6	当尝试将非 BCD 数转换为二进制数时，置位为 1
16			Not_Hex	SM1.7	当 ASCII 数据无法转换为有效的十六进制数时，置位为 1
17			Parity_Err	SM3.0	当端口 0或端口 1接收到一个有奇偶校验错误的字符时，置位为 1
18			Comm_Int_Ovr	SM4.0	当通信中断队列溢出时，置位为 1（仅在中断程序内有效）
19			Input_Int_Ovr	SM4.1	当输入中断队列溢出时，置位为 1（仅在中断程序内有效）
20			Timed_Int_Ovr	SM4.2	当定时中断队列溢出时，置位为 1（仅在中断程序内有效）
21			RUN_Err	SM4.3	当检测到运行时间编程错误时，置位为 1
22			Int_Enable	SM4.4	表示全局中断使能状态：1 = 中断已使能开放
23			Xmit0_Idle	SM4.5	当发送器处于空闲状态时（端口 0），置位为 1
24			Xmit1_Idle	SM4.6	当发送器处于空闲状态时（端口 1），置位为 1
25			Force_On	SM4.7	当有数据被强制时，置位为 1： 1 = 有数据被强制，0 = 无数据被强制（仅 22x 有效）
26			IO_Err	SM5.0	当有任何 I/O 错误时，置位为 1

图 1-33　部分 S7-200 符号表

第 2 讲　梯形图设计与仿真

导读

PLC 的梯形图设计经验法，就是要依靠平时所积累的设计经验来设计梯形图。PLC 发展初期就沿用了设计继电器—接触器控制电路的方法来设计梯形图，即在已有的典型继电器—接触器控制电路的基础上，根据被控制对象对控制的要求，不断地修改完善成梯形图。而仿真程序提供了数字信号输入开关、两个模拟电位器、LED 输出显示、TD-200 文本显示器的仿真，在实验条件尚不具备的情况下，完全可以作为学习 S7-200 梯形图设计的一个辅助工具。

2.1　梯形图的设计方法与 LAD 编辑、编译

1. 根据继电器—接触器控制电路设计梯形图的方法

继电器—接触器控制电路与梯形图在表示方法和分析方法上有很多相似之处，因此可以根据继电器—接触器控制电路来设计梯形图（即 LAD）。

（1）根据经验设计法设计梯形图

PLC 的梯形图设计经验法，就是要依靠平时所积累的设计经验来设计梯形图。PLC 发展初期就沿用了设计继电器—接触器控制电路的方法来设计梯形图，既在已有的典型继电器—接触器控制电路的基础上，根据被控制对象对控制的要求，不断地修改完善成梯形图。这种方法没有普遍的规律可以遵循，一切都要靠设计者的经验来实现，就是把设计继电器—接触器控制电路的思维转化为 PLC 梯形图设计思维。它一般用于逻辑关系较简单的梯形图设计。

经验设计法是沿用设计继电器—接触器控制电路的方法来设计梯形图，即在一些典型电路的基础上，根据被控对象对控制系统的要求，不断地修改和完善梯形图。从实践来看，经验设计法可用于较简单的梯形图设计。

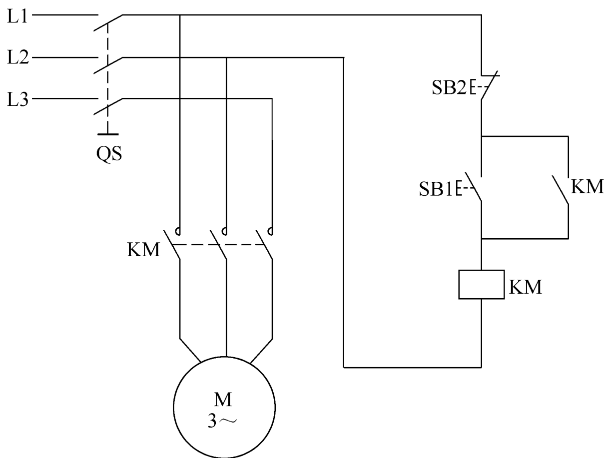


图 2-1　电动机正转控制电路

（2）电动机正转控制电路

1）控制要求

按下启动按钮 SB1，电动机自锁正转；按下停止按钮 SB2，电动机停转。电动机正转控制电路如图 2-1 所示。

2）PLC 输入/输出分配

根据“经验设计法”可以进行 I/O 资源分配，电动机正转控制电路的 I/O 资源配置见表 2-1。

停止时：按下停止按钮 SB2→停止信号 I0.1 为“1”→I0.1 常闭触点断开→线圈“失电”（低电平）→电动机停转。

表 2-1　电动机正转控制电路的 I/O 资源配置

输入	名称	输出	名称
I0.0	启动按钮 SB1	Q0.0	接触器 KM
I0.1	停止按钮 SB2		

PLC 外部接线如图 2-2 所示。

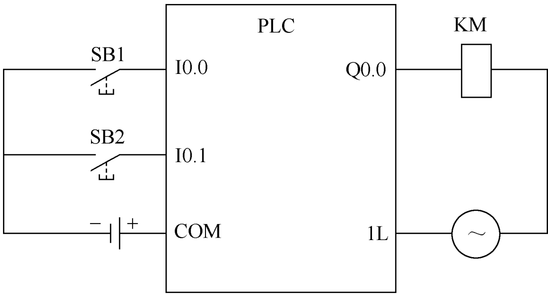


图 2-2　PLC 外部接线

根据电动机工作原理，可以进行图 2-3 所示的梯形图编程。启动时：按下启动按钮 SB1 →启动信号 I0.0 为“1”（高电平）→I0.0 常开触点接通；不按停止按钮 SB2 →停止信号 I0.1 为“0”（低电平）→I0.1 常闭触点接通→Q0.0 线圈“有电”（高电平）→Q0.0 触点闭合“自锁”→电动机连续正转。如果按下停止按钮，则 Q0.0 不能自保而掉电，电动机停止运行。具体的波形图如图 2-4 所示。

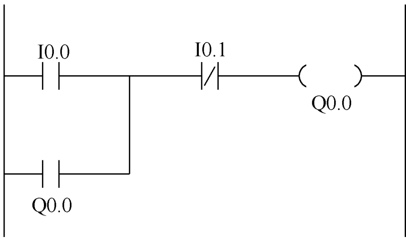


图 2-3　PLC 梯形图

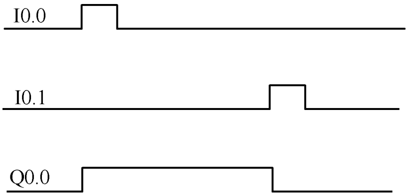


图 2-4　波形图

（3）相同点与不同点

相同点：继电器—接触器控制系统电路与梯形图在表示方法和分析方法上有很多相似之处。如：PLC 控制元件也称为继电器，有线圈、常开触点、常闭触点，当某个继电器线圈有电时，其常开触点闭合，常闭触点断开。

不同点：梯形图是 PLC 的程序，是一种软件，继电器—接触器控制电路是由硬件元件组成的。

2. LAD 编辑与编译

（1）打开已有项目

对于已经建立的一个文件，如何去打开它呢？用户可以从 STEP 7-Micro/WIN 中，使用文件菜单，选择下列选项之一：

1）打开——允许用户浏览至一个现有项目，并且打开该项目；

2）文件名称——如果用户最近在一个项目中工作过，该项目在“文件”菜单下列出，可直接选择，不必使用“打开”对话框。

当然也可以使用 Windows Explorer 浏览至适当的目录，无需将 STEP 7-Micro/WIN 作为一

个单独的步骤启动即可打开用户所在的项目。在 STEP 7-Micro/WIN V4.0 版中，项目包含在带有 .mwp 扩展名的文件中。

（2）LAD 编辑图形组件和逻辑网络

当用户以 LAD（梯形图）方式写入程序时，其编辑手段就是使用图形组件，并将该组件排列成一个逻辑网络。

常用的图形组件包括以下三种：

1）触点代表电源可通过的开关。

电源仅在正常打开的触点闭合（逻辑值 1）时接通；正常关闭或负值（非）触点（逻辑值 0）闭合时接通。

2）线圈代表由使能位充电的继电器或输出。

3）方框代表当使能位到达方框时执行的一项功能（例如，定时器、计数器或数学运算）。

网络由以上图形组件组成并代表一个完整的梯形图线路，电源从左边的电源母线流过（在 LAD 编辑器中由窗口左边的一条垂直线代表）闭合触点，为线圈或方框充电。如图 2-5 所示为其中一个网络。

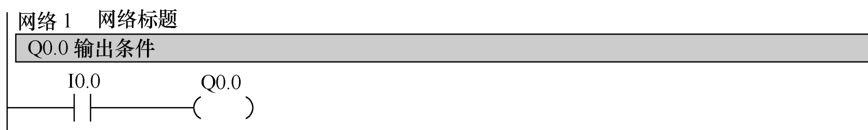


图 2-5　网络

在 LAD 编辑中，对于组件和网络都有一定的要求：

1）放置触点的规则：每个网络必须以一个触点开始，网络不能以触点终止。

2）放置线圈的规则：网络不能以线圈开始；线圈用于终止逻辑网络。一个网络可有若干个线圈，只要线圈位于该特定网络的并行分支上。不能在网络上串联一个以上线圈（即不能在一个网络的一条水平线上放置多个线圈）。

3）放置方框的规则：如果方框有 ENO（即允许输出），使能位扩充至方框外；这意味着用户可以在方框后放置更多的指令。在网络的同级线路中，可以串联若干个带 ENO 的方框。如果方框没有 ENO，则不能在其后放置任何指令。

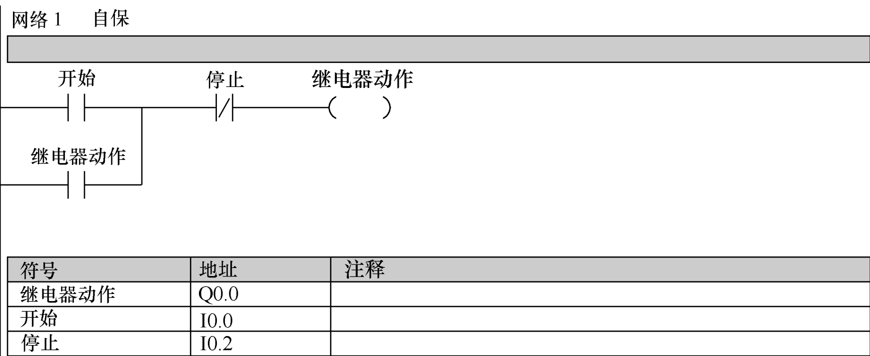
ENO 允许用户以串联（水平方向）方式连接方框，不允许以并联（垂直方向）方式连接方框。如果方框在输入位置有使能位，且方框执行无错误，则 ENO 输出将使能位传输至下一个元素。如果方框执行过程中检测到错误，则在生成错误的方框位置终止使能位。

4）网络尺寸限制：用户可以将程序编辑器窗口视作划分为单元格的网格（单元格是可放置指令、为参数指定值或绘制线段的区域）。在网格中，一个单独的网络最多能垂直扩充 32 个单元格或水平扩充 32 个单元。用户可以用鼠标右键在程序编辑器中点击，并选择“选项”菜单项目，改变网格大小。

（3）LAD 常见逻辑结构

LAD 编辑中常见的逻辑结构如下所示：

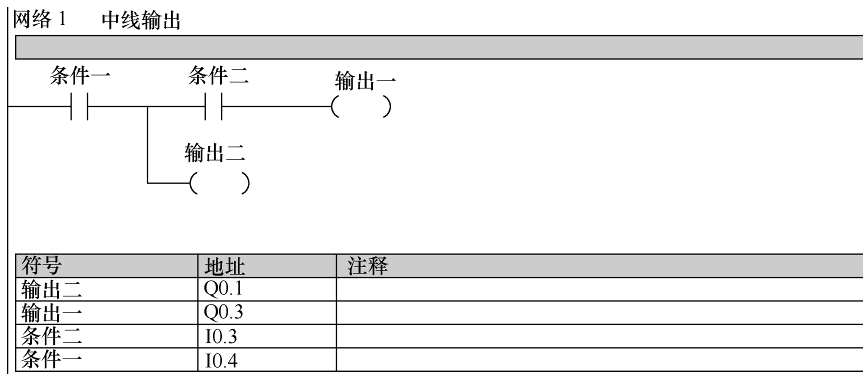
1）自保：图 2-6 所示网络使用一个正常的触点（“开始”）和一个负（非）触点（“停止”）。一旦继电器输出成功激活，则保持锁定，直至符合“停止”条件。



符号	地址	注释
继电器动作	Q0.0	
开始	I0.0	
停止	I0.2	

图 2-6　自保

2）中线输出：如果符合第一个条件，初步输出（输出二）在第二个条件评估之前显示。用户还可以建立有中线输出的多个级档，如图 2-7 所示。



符号	地址	注释
输出二	Q0.1	
输出一	Q0.3	
条件二	I0.3	
条件一	I0.4	

图 2-7　中线输出

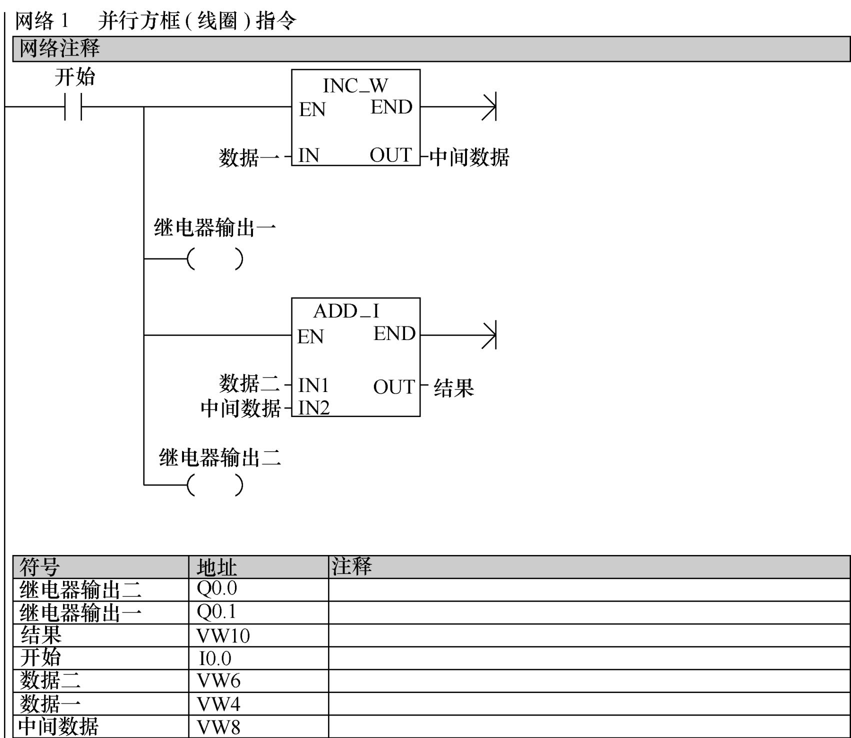
3）串行方框指令：如果第一个方框指令评估成功，电源顺网络流至第二个方框指令。用户可以在网络的同一级上将多条 ENO 指令用串联方式级联。如果任何指令失败，剩余的串联指令不会执行；使能位停止（错误不通过该串联级联），串行方框指令如图 2-8 所示。



符号	地址	注释
结果	VW6	
开始	I0.0	
数据二	VW2	
数据一	VW0	
中间数据	VW4	

图 2-8　串行方框指令

4）并行方框（线圈）输出：当符合起始条件时，所有的输出（方框和线圈）均被激活。如果一个输出未评估成功，电源仍然流至其他输出；不受失败指令的影响，并行方框（线圈）输出如图 2-9 所示。



符号	地址	注释
继电器输出二	Q0.0	
继电器输出一	Q0.1	
结果	VW10	
开始	I0.0	
数据二	VW6	
数据一	VW4	
中间数据	VW8	

图 2-9　并行方框（线圈）输出

（4）LAD 编译

LAD 编辑结束后，就可以选用下列一种方法启动 STEP 7-Micro/WIN 项目编译器：

1）点击“编译”按钮或选择菜单命令 PLC（PLC）> 编译（Compile），编译当前激活的窗口（程序块或数据块）。

2）点击“全部编译”按钮或选择菜单命令 PLC（PLC）> 全部编译（Compile All），编译全部项目组件（程序块、数据块和系统块）。



图 2-10　编译命令

3）用鼠标右键点击指令树中的某个文件夹，然后由弹出菜单中选择编译命令（见图 2-10）。项目、程序块文件夹、系统块文件夹及数据块文件夹都有编译命令。

编译流程如图 2-11 所示。

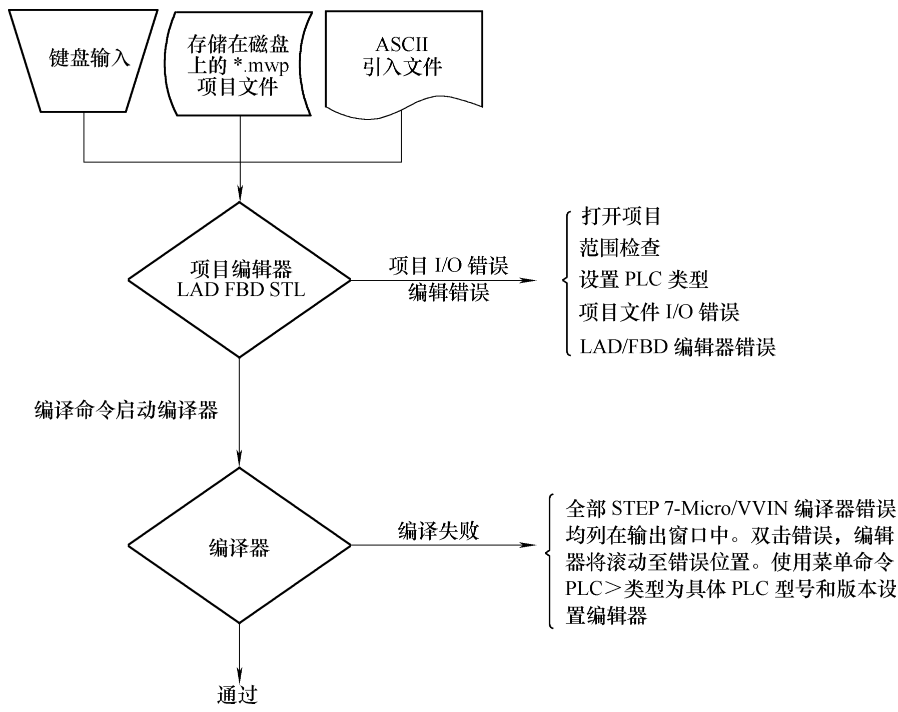


图 2-11　编译流程

2.2　位逻辑、定时器与计数器

1. 位逻辑指令

PLC 最初的设计是为了替代继电器，因此，类似于继电器—接触器控制电路的位逻辑指令是最基本的、最常见的，图 2-12 所示为 S7-200 最常见的 5 种位逻辑。

（1）常开与常闭触点

在 S7-200 控制程序中，使用 I/O 地址来访问实际连接到 CPU 输入/输出端子的实际器件。也就是说，对于常开和常闭触点，以 S7-200PLC 实际获得的信号为准，而不是以继电器的常开或常闭符号为准，这个必须引起足够的重视。

（2）置位与复位

置位（S）和复位（R）指令设置（打开）或复原指定的点数（N），从指定的地址（位）开始，用户可以置位和复位 1～255 个点，如图 2-13 所示为 RS 指令。

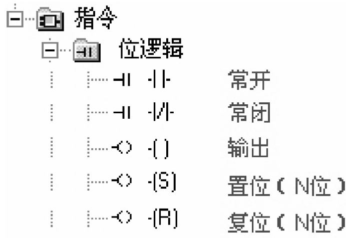


图 2-12　S7-200 最常见的 5 种位逻辑

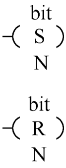


图 2-13　RS 指令

图 2-14 所示为 RS 指令的主程序范例。

根据上述程序，可以进行波形描述，RS 程序的波形如图 2-15 所示。

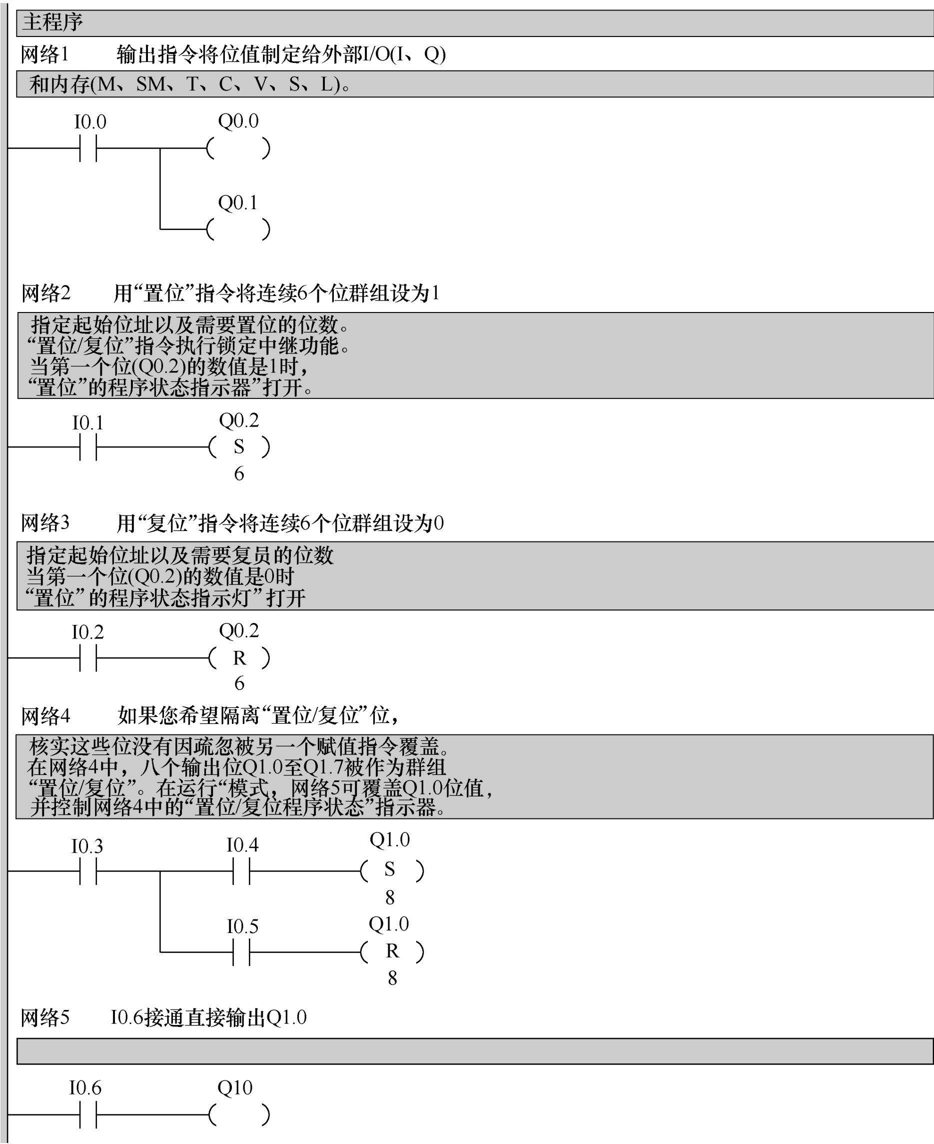


图 2-14　RS 指令的主程序范例

2. 定时器

S7-200 指令集提供三种不同类型的定时器：接通延时定时器（TON），用于单间隔计时；保留性接通延时定时器（TONR），用于累计一定数量的定时间隔；断开延时定时器（TOF），用于延长时间以超过关闭（或假条件），例如电动机关闭后使电动机冷却。

定时器操作逻辑见表 2-2。

表 2-2　定时器操作逻辑

定时器类型	当前值 > = 预设值	启用输入“打开”	启用输入“关闭”	电源循环/首次扫描
TON	定时器位打开，当前值继续计数直至达到 32. 767	当前值记录时间	定时器位关闭，当前值 = 0	定时器位关闭，当前值 = 0

（续）

定时器类型	当前值 > = 预设值	启用输入"打开"	启用输入"关闭"	电源循环/首次扫描
TONR	定时器位打开，当前值继续计数直至达到 32.767	当前值记录时间	定时器位及当前值保持最后的状态	定时器位关闭，可保持当前值
TOF	定时器位关闭，当前值 = 预设值，停止计数	定时器位打开，当前值 = 0	从"打开"转换为"关闭"后定时器开始计数	定时器位关闭，当前值 = 0

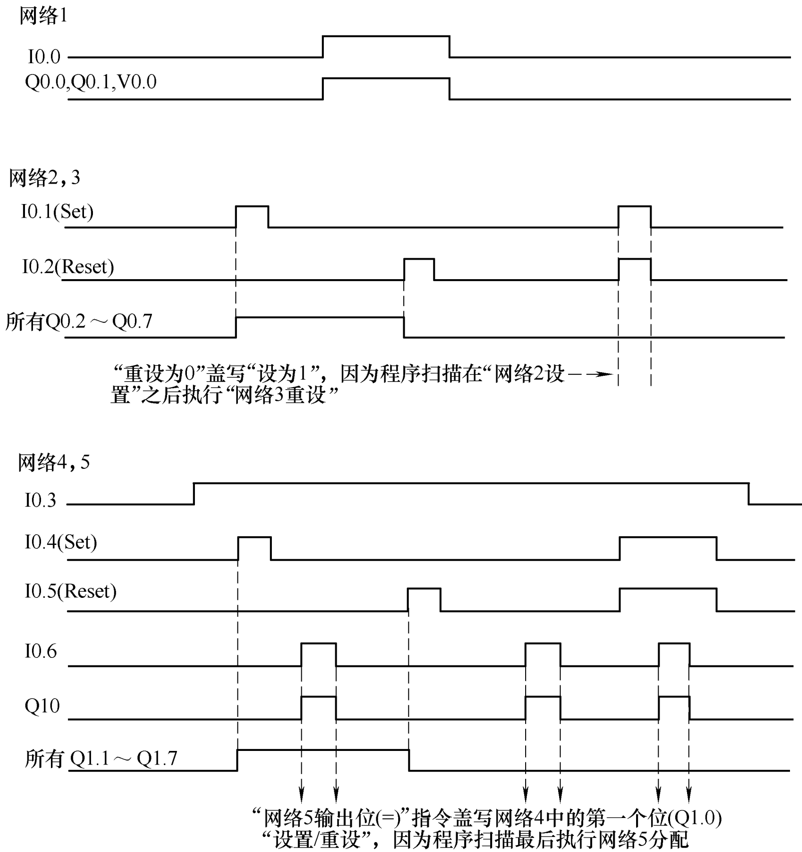


图 2-15　RS 程序的波形

（1）定时器的分辨率

定时器的分辨率见表 2-3，每一个当前值都是时间基准的倍数。例如，10ms 定时器中的数值 50 表示 500ms。

表 2-3　定时器的分辨率

定时器类型	分辨率/ms	最大值/s	定时器号码
TONR	1	32.767	T0，T64
	10	327.67	T1 ~ T4，T65 ~ T68
	100	3276.7	T5 ~ T31，T69 ~ T95
TON、TOF	1	32.767	T32，T96
	10	327.67	T33 ~ T36，T97 ~ T100
	100	3276.7	T37 ~ T63，T101 ~ T255

（2）接通时间延时 TON

TON 定时器如图 2-16 所示，接通延时定时器（TON）指令在启用输入为“打开”时，开始计时。当前值（Txxx）大于或等于预设时间（PT）时，定时器位为“打开”。启用输入为“关闭”时，接通延时定时器当前值被清除。达到预设值后，定时器仍继续计时，达到最大值 32767 时，停止计时。

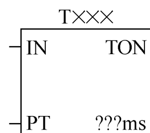


图 2-16　TON 定时器

1）定时器的启动、停止与复位。

可用“复原”（R）指令复原任何定时器。“复原”指令执行下列操作：

定时器位 = 关闭，定时器当前值 = 0

图 2-17 所示的定时器范例程序中，网络 1 // 在（10）100ms 或 1s 之后，100ms 定时器 T37 超时 // I0.0 打开 = T37 被启用，I0.0 关闭 = 禁止和复原 T37。

其时序图如图 2-18 所示。

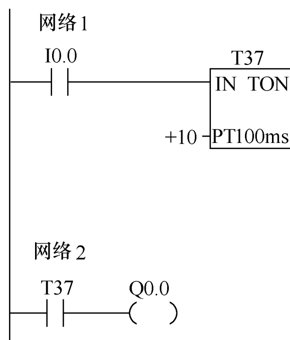


图 2-17　定时器范例程序

2）定时器的启动、停止与复位。

可用“复原”（R）指令复原任何定时器。“复原”指令执行下列操作：

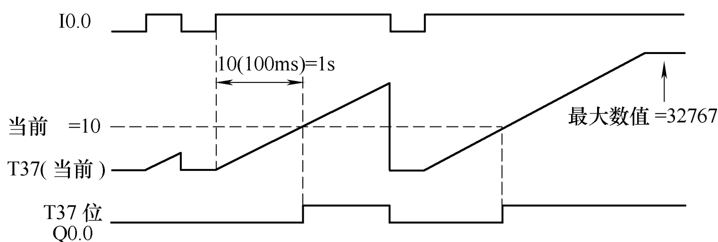


图 2-18　时序图

定时器位 = 关闭，定时器当前值 = 0。

图 2-19 所示为定时器的另外一个范例程序。

其时序图如图 2-20 所示。

（3）指示灯程序编制（TON 应用案例）

1）按图 2-21 所示进行接线，确保接线无误。

2）根据要求编制不同的程序，并下载运行测试是否正确。

①　选择开关 ON 后延时 5s，指示灯才亮；选择开关 OFF 后，指示灯灭。

TON 应用案例如图 2-22 所示。

②　选择开关 ON 后，指示灯亮；选择开关 OFF 后，指示灯延时 5s 才灭。

参考程序（略），只需要将 T101 的 TON 功能改为 TOF 即可。

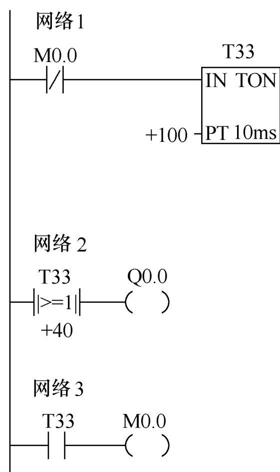


图 2-19　定时器的另外一个范例程序

③　选择开关 ON 后延时 5s，指示灯才亮；选择开关 OFF 后，指示灯也延时 5s 才灭。

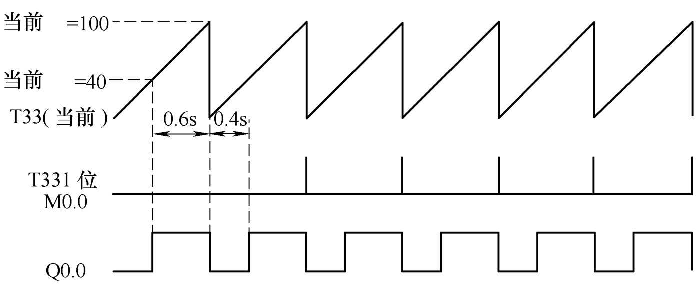


图 2-20　定时器时序图

TON 应用案例二如图 2-23 所示。

（4）TOF 和 TONR 指令

断开延时定时器（TOF）用于在输入关闭后，延迟固定的一段时间再关闭输出。启用输入打开时，定时器立即打开，当前值被设为 0。输入关闭时，定时器继续计时，直到消逝的时间达到预设时间。达到预设值后，定时器关闭，当前值停止计时。如果输入关闭的时间短于预设数值，则定时器仍保持在打开状态。TOF 指令必须遇到从“打开”至“关闭”的转换才开始计时。如果 TOF 定时器于 SCR 区域内部，而且 SCR 区域处于非现用状态，则当前值被设为 0，计时器位被关闭，而且当前值不计时。

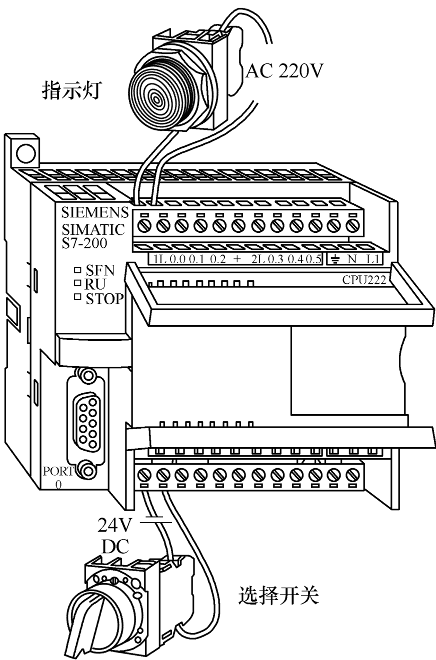


图 2-21　指示灯程序的硬件接线

掉电保护性接通延时定时器（TONR）指令在启用输入为“打开”时，开始计时。当前值（Txxx）大于或等于预设时间（PT）时，计时位为“打开”。当输入为“关闭”时，保持保留性延迟定时器当前值。可使用保留性接通延时定时器为多个输入“打开”阶段累计时间。使用“复原”指令（R）清除保留性延迟定时器的当前值。达到预设值后，定时器继续计时，达到最大值 32767 时，停止计时。

3. 计数器

S7-200 PLC 共提供了 256 个计数器，计数器可以作为以下 3 个类型使用：

◆CTU：增计数器；

◆CTD：减计数器；

◆CTUD：增/减计数器。

（1）CTU 增计数器

CTU 增计数器如图 2-24 所示。每次向上计数输入 CU 从关闭向打开转换时，向上计数（CTU）指令从当前值向上计数。当前值（Cxxx）大于或等于预设值（PV）时，计数器位（Cxxx）打开。复原（R）输入打开或执行“复原”指令时，计数器被复原。达到最大值

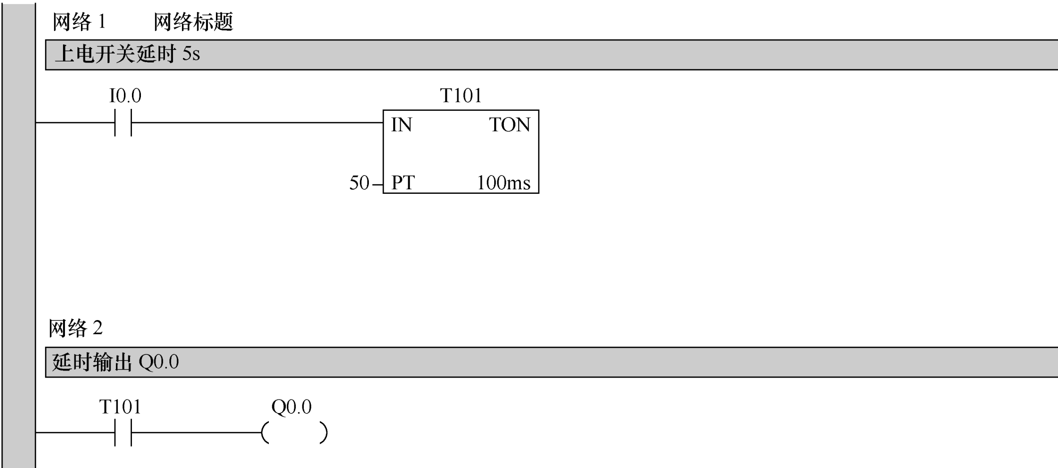


图 2-22　TON 应用案例一

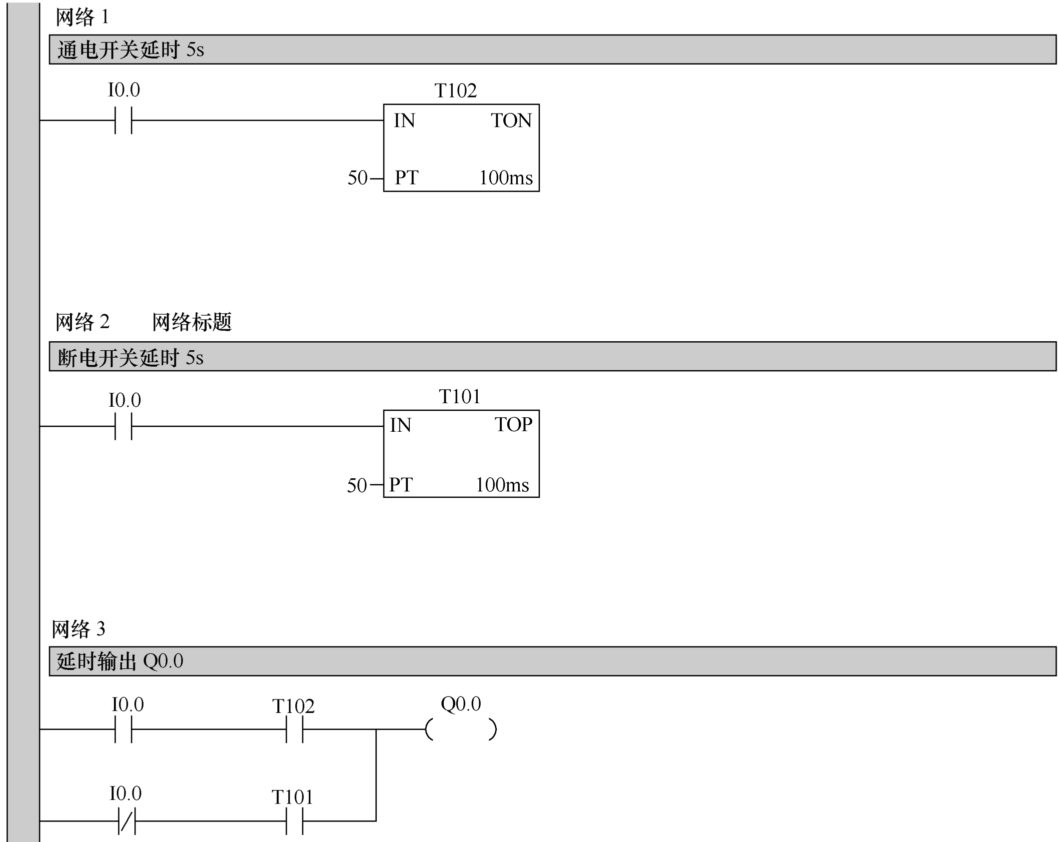


图 2-23　TON 应用案例二

（32767）时，计数器停止计数。

CTU 计数器指令的操作数类型见表 2-4。

（2）CTD 减计数器

CTD 减计数器如图 2-25 所示。每次向下计数输入 CD 从关闭向打开转换时，向下计数（CTD）指令从当前值向下计数。当前值 Cxxx 等于 0 时，计数器位（Cxxx）打开。输入（LD）打开时，计数器复原计数器位（Cxxx）并用预设值（PV）载入当前值。达到零时，向下计数器停止计数，计数器位 Cxxx 打开。减计数器的范围也是从 C0 ~ C255。

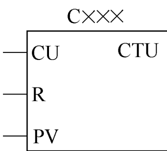


图 2-24　CTU 增计数器

表 2-4　CTU 计数器指令的操作数类型

输入/输出	操作数	数据类型
Cxxx	常数（C0 ~ C255）	字
CU	I，Q，M，SM，T，C，V，S，L，使能位	布尔
R	I，Q，M，SM，T，C，V，S，L，使能位	布尔
PV	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，AIW，AC，T，C，常数，* VD，* AC，* LD，SW	整数

CTD 减计数器指令的操作数类型与 CTU 类似，即 CU 与 CD、R 与 LD 类似。

如图 2-26 为一啤酒包装线，原设定每三瓶要执行一个小分装动作，因此编写主程序如图 2-27 所示。

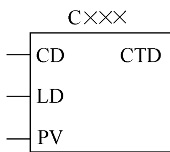


图 2-25　CTD 减计数器

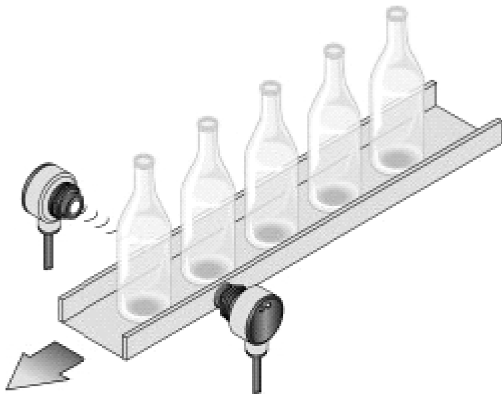


图 2-26　啤酒包装线

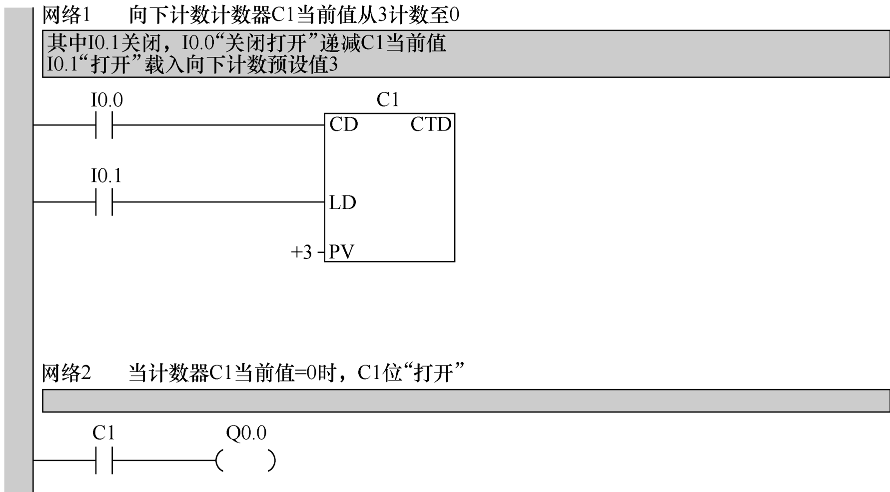


图 2-27　啤酒包装线主程序

与啤酒瓶灌装线相对应的波形如图 2-28 所示。

（3）CTUD 增/减计数器

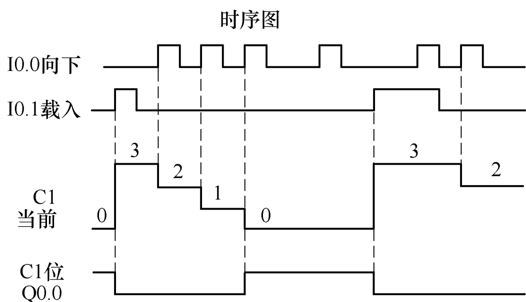


图 2-28　啤酒包装线波形图

CTUD 增/减计数器如图 2-29 所示。每次向上计数输入 CU 从关闭向打开转换时，向上/向下计时（CTUD）指令向上计数，每次向下计数输入 CD 从关闭向打开转换时，向下计数。计数器的当前值 Cxx 保持当前计数。每次执行计数器指令时，预设值 PV 与当前值进行比较。达到最大值（32767），位于向上计数输入位置的下一个上升沿使当前值返转为最小值（－32768）。在达到最小值（－32768）时，位于向下计数输入位置的下一个上升沿使当前计数返转为最大值（32767）。当当前值 Cxx 大于或等于预设值 PV 时，计数器位 Cxx 打开。否则，计数器位关闭。当“复原”（R）输入打开或执行“复原”指令时，计数器被复原。达到 PV 时，CTUD 计数器停止计数。

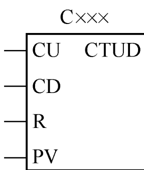


图 2-29　CTUD 增/减计数器

如图 2-30 所示是 CTUD 指令的一个程序例子。

对应的波形图如图 2-31 所示。

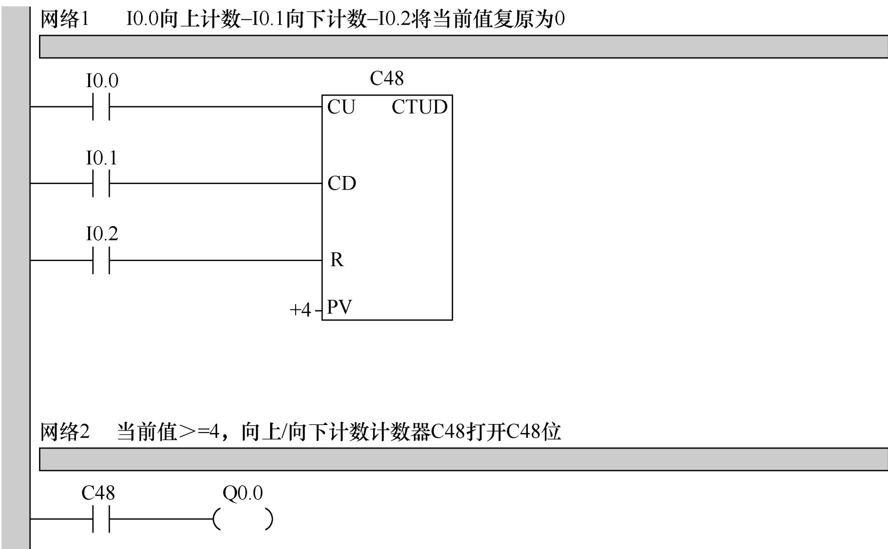


图 2-30　CTUD 指令的一个程序例子

4. 特殊存储器标志位 SMB0

特殊内存字节 0（SM0. 0 ~ SM0. 7）提供 8 个位，在每次扫描周期结尾处由 S7-200 CPU 更新。程序可以读取这些位的状态，然后根据位值作出决定。特殊存储器标志位 SMB0 的具体含义见表 2-5，它在实际编程中非常有用。

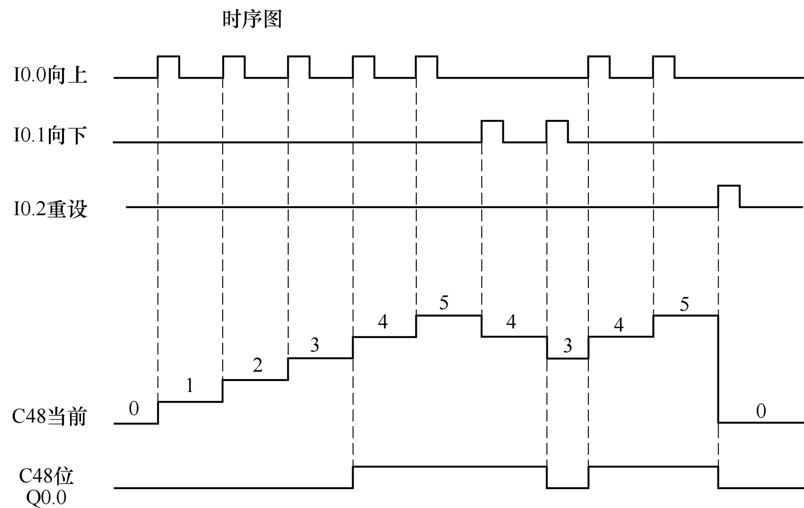


图 2-31　对应的波形图

表 2-5　特殊存储器标志位 SMB0 的具体含义

符号名	SM 地址	用户程序读取 SMB0 状态数据
Always_On	SM0.0	该位总是打开
First_Scan_On	SM0.1	首次扫描周期时该位打开，一种用途是调用初始化子程序
Retentive_Lost	SM0.2	如果保留性数据丢失，该位为一次扫描周期打开。该位可用作错误内存位或激活特殊启动顺序的机制
RUN_Power_Up	SM0.3	从电源开启条件进入 RUN（运行）模式时，该位为一次扫描周期打开。该位可用于在启动操作之前提供机器预热时间
Clock_60s	SM0.4	该位提供时钟脉冲，该脉冲在 1min 的周期时间内 OFF（关闭）30s，ON（打开）30s。该位提供便于使用的延迟或 1min 时钟脉冲
Clock_1s	SM0.5	该位提供时钟脉冲，该脉冲在 1s 的周期时间内 OFF（关闭）0.5s，ON（打开）0.5s。该位提供便于使用的延迟或 1s 时钟脉冲
Clock_Scan	SM0.6	该位是扫描周期时钟，为一次扫描打开，然后为下一次扫描关闭。该位可用作扫描计数器输入
Mode_Switch	SM0.7	该位表示“模式”开关的当前位置（关闭 = “终止”位置，打开 = “运行”位置）。开关位于 RUN（运行）位置时，可以使用该位启用自由口模式，可使用转换至“终止”位置的方法重新启用带 PC/编程设备的正常通信

关于其他特殊寄存器 SM 的含义可以参考西门子 S7-200 编程手册。

2.3　S7-200 PLC 仿真软件的使用

1. PLC 仿真程序使用介绍

这里介绍的是 Juan Luis Villanueva 设计的 S7-200 PLC 仿真软件（V2.0），原版为西班牙语，目前已经进行汉化（可以通过搜索后进行下载）。

该仿真软件可以仿真大量的 S7-200 指令，支持常用的位触点指令、定时器指令、计数器指令、比较指令、逻辑运算指令和大部分的数学运算指令等，但部分指令如顺序控制指令、循环指令、高速计数器指令和通信指令等尚无法支持。

仿真程序提供了数字信号输入开关、两个模拟电位器和 LED 输出显示，仿真程序同时还支持对 TD-200 文本显示器的仿真，在实验条件尚不具备的情况下，完全可以作为学习 S7-200 的一个辅助工具。

仿真软件界面如图 2-32 所示。和所有基于 Windows 的软件一样，仿真软件最上方是菜单，仿真软件的所有功能都有对应的菜单命令；在工件栏中列出了部分常用的命令（如 PLC 程序加载、启动程序、停止程序、AWL、KOP、DB1 和状态观察窗口等）。

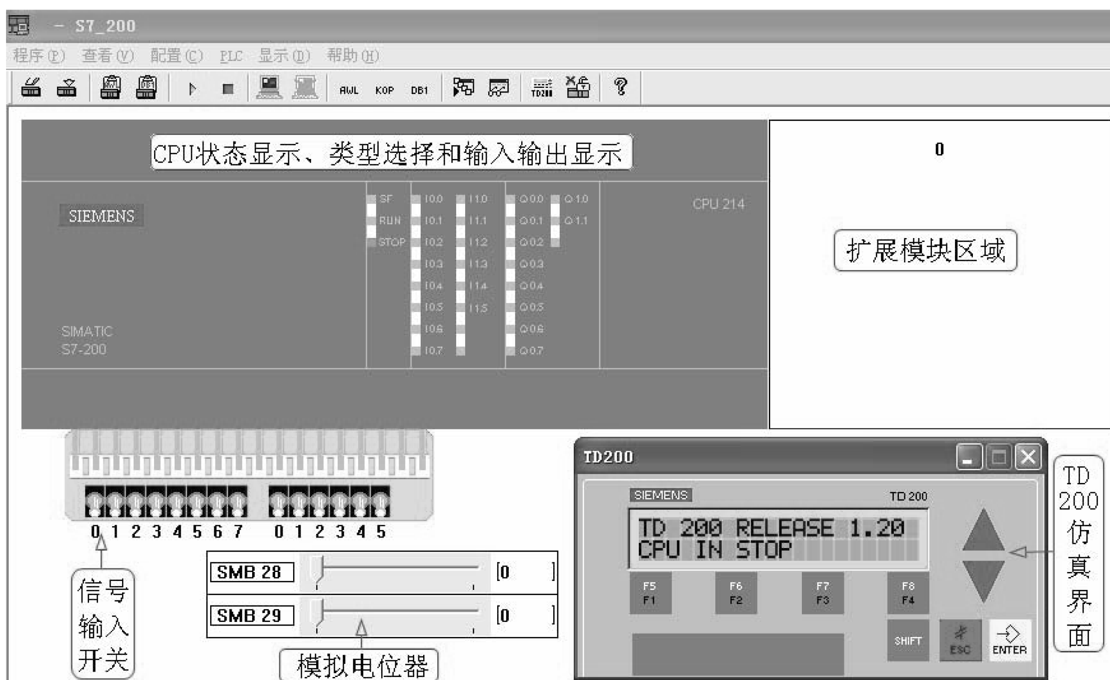


图 2-32 仿真软件界面

输入位状态显示：对应的输入端子为 1 时，相应的 LED 变为绿色；

输出位状态显示：对应的输出端子为 1 时，相应的 LED 变为绿色；

CPU 类型选择：点击该区域可以选择仿真所用的 CPU 类型；

模块扩展区：在空白区域点击，可以加载数字和模拟 I/O 模块；

信号输入开关：用于提供仿真需要的外部数字量输入信号；

模拟电位器：用于提供 0 ~ 255 连续变化的数字信号；

TD200 仿真界面：仿真 TD200 文本显示器（该版本 TD200 只具有文本显示功能，不支持数据编辑功能）。

（1）菜单命令介绍

常用菜单命令为程序（P）、查看（V）、配置（C）、PLC、显示（D）、帮助（H），下面进行一一介绍：

1）程序：图 2-33 所示为所有程序菜单命令，包括删除程序、装载程序、粘贴程序块、

粘贴数据块、保存配置、装载配置等。

需要注意的是，加载仿真程序时，仿真程序梯形图必须为 awl 文件（该文件为 STEP7-Micro/WIN 环境中进行转换），数据块必须为 dbl 或 txt 文件。

2）查看：图 2-34 所示为所有查看菜单命令，包括程序块代码 OB1、程序块图形 OB1、数据块 DB1、内存监视、TD200 显示器等。

该命令对于不是以 I/O 开关量表示的状态非常有用，可以查看几乎所有的变量，如 V 变量、C 变量、T 变量等。

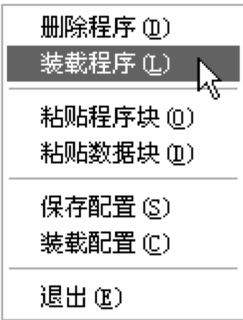


图 2-33　程序菜单命令

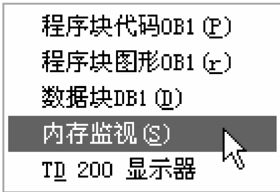


图 2-34　查看菜单命令

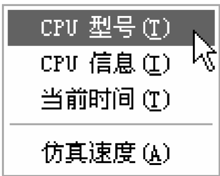


图 2-35　配置菜单命令

3）配置：图 2-35 所示为所有配置菜单命令，包括 CPU 型号、CPU 信息、当前时间、仿真速度等。图 2-36 所示为选择新的 CPU 类型，旧的 CPU 类型为 CPU214，可以通过设置 CPU 类型来改变为新的 CPU224 等，图 2-37 所示为更改 CPU 型号后的 PLC 外观。

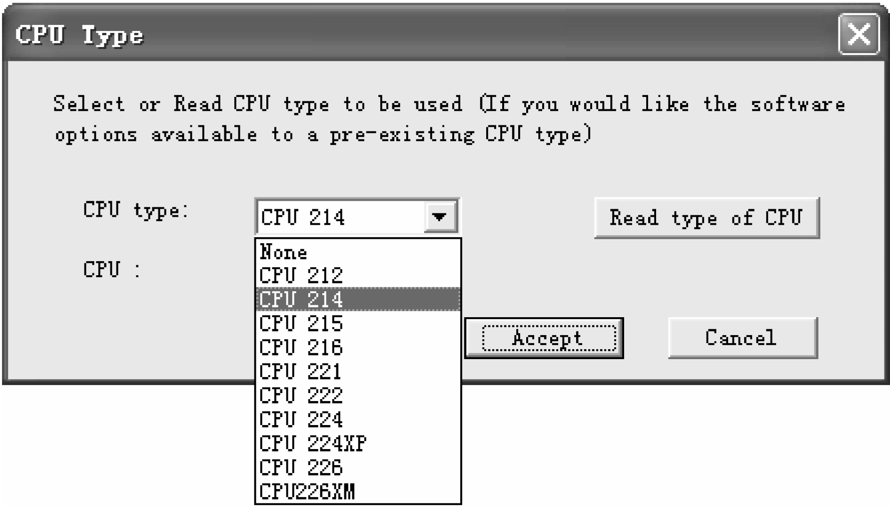


图 2-36　选择新的 CPU 类型

4）PLC：图 2-38 所示为 PLC 菜单命令，包括运行、停止、单步、取消强制、输出 I/O、交换 I/O 等。

（2）PLC 程序的仿真步骤

这里以图 2-22 所示的 TON 应用程序为例进行仿真步骤说明。

1）准备工作：

由于 S7-200 的仿真软件不提供源程序的编辑功能，因此必须和 STEP7-Micro/WIN 程序编辑软件配合使用，即在 STEP7 Micro/WIN 中编辑好源程序后，然后加载到仿真程序中执行。

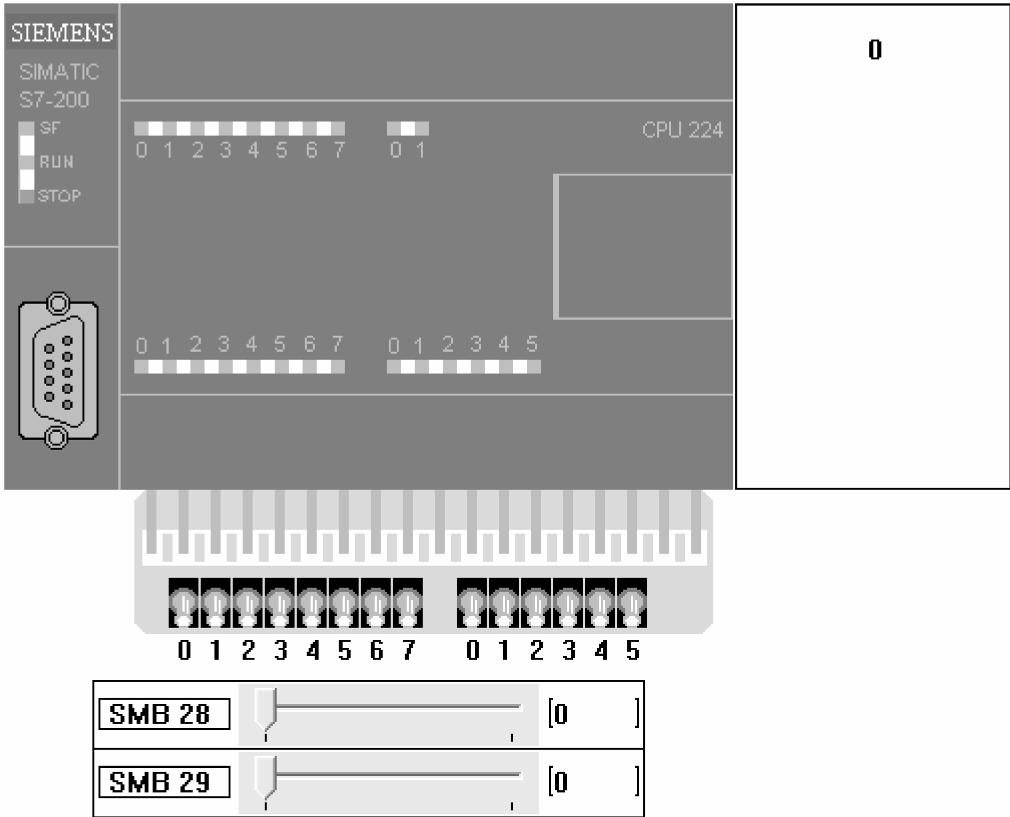


图 2-37　更改 CPU 配置后的 PLC 外观

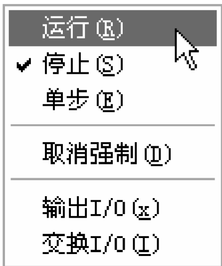


图 2-38　PLC 菜单命令

①　在 STEP7 Micro/WIN 中编辑好梯形图（图 2-22 中已经完成）；

②　利用“文件 | 导出”命令将梯形图程序导出为扩展名为 awl 的文件（见图 2-39 和图 2-40）；

③　如果程序中需要数据块，需要将数据块导出为 txt 文件。

2）程序仿真

①　启动仿真程序；

②　利用“配置 | CPU 型号”命令选择合适的 CPU 类型，需要注意的是：不同类型的 CPU 支持的仿真软件指令略有不同，某些 214 不支持的仿真指令 226 可能支持。

3）程序加载：

选择仿真程序的“程序 | 装载程序”命令，打开装载梯形图程序窗口如图 2-41 所示，可选择逻辑块、数据块、CPU 配置等，以及导入文件的版本是“Microwin V3. 1”还是“Microwin V3. 2，V4. 0”。

点击“确定”按钮，从文件列表框分别选择 awl 文件和文本文件（数据块默认的文件格式为 dbl 文件，可在文件类型选择框中选择 txt 文件）。加载成功后，在仿真软件中的 AWL、KOP 和 DB1 观察窗口中就可以分别观察到加载的语句表程序、梯形图程序和数据块（见图 2-42）。

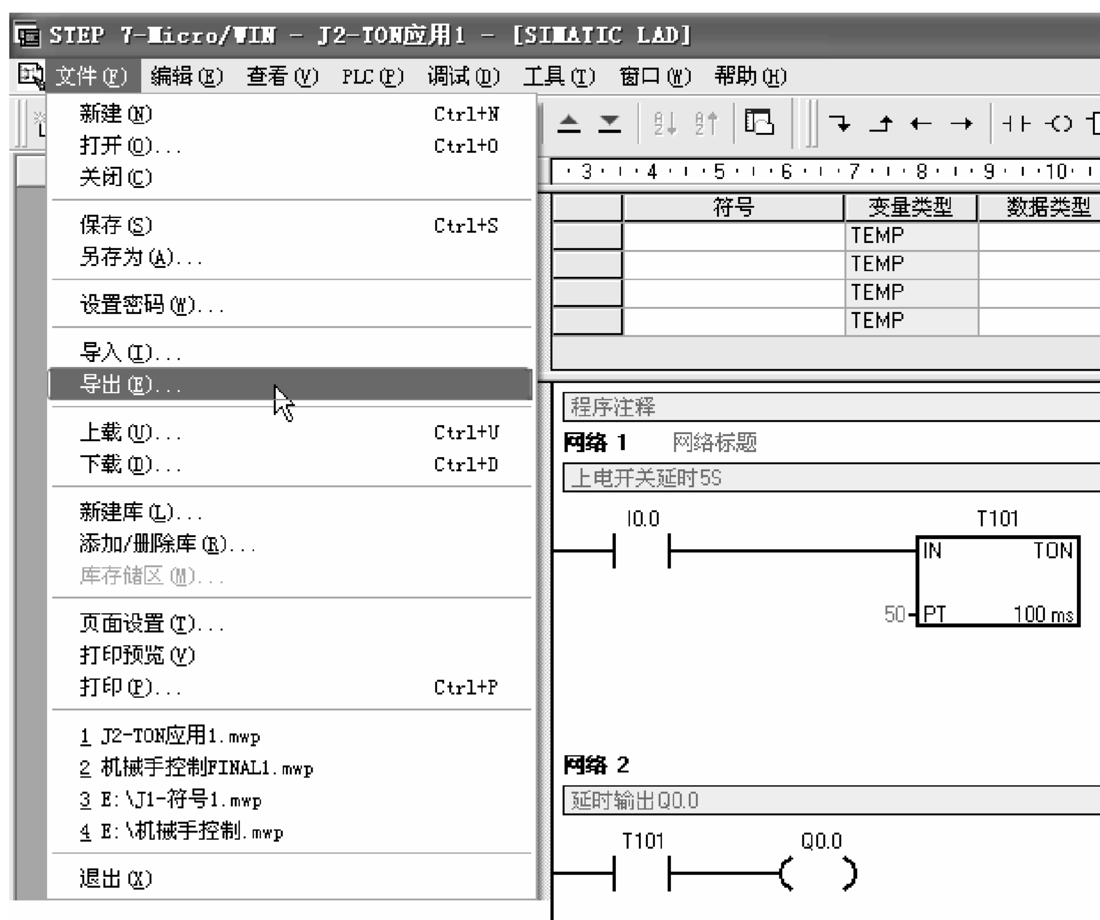


图 2-39　选择"文件 | 导出"命令



图 2-40　导出程序块

4）点击工具栏▶按钮，启动仿真（见图 2-43），用户可以看到图 2-44 中所显示的 3 个状态：

① 模拟 PLC 运行灯 RUN；

② 仿真软件的 RUN 状态；

③ 仿真软件的计时运行。

5）仿真启动后，可以对输入进行操作（见图 2-45），在定时时间到后发现输出灯亮。如果要观察定时器的实时数据，可以利用工具栏中的按钮，启动状态观察窗口（见图 2-46）。

在图 2-46 中，在“地址”对应的对话框中，可以添加需要观察的编程元件的地址，在“格式”对应的对话框中选择数据显示模式。点击窗口中的“开始”按钮后，在“值”对应的对话框中可以观察按照指定格式显示的指定编程元件当前数值。在程序执行过程中，如果编程元件的数据发生变化，“值”中的数值将随之改变。利用状态观察窗口可以非常方便地监控程序的执行情况。



图 2-41　装载梯形图程序窗口

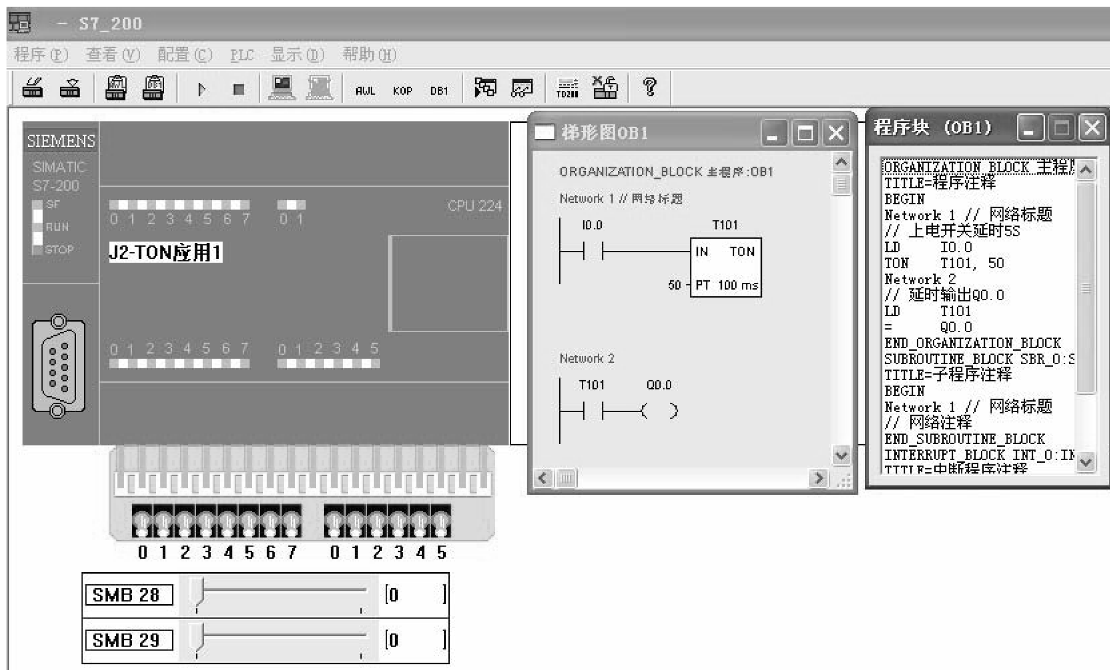


图 2-42　仿真软件的 AWL、DB1 和 KOP 观察窗口

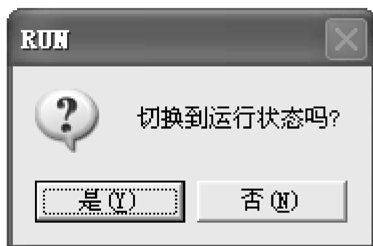


图 2-43　启动仿真

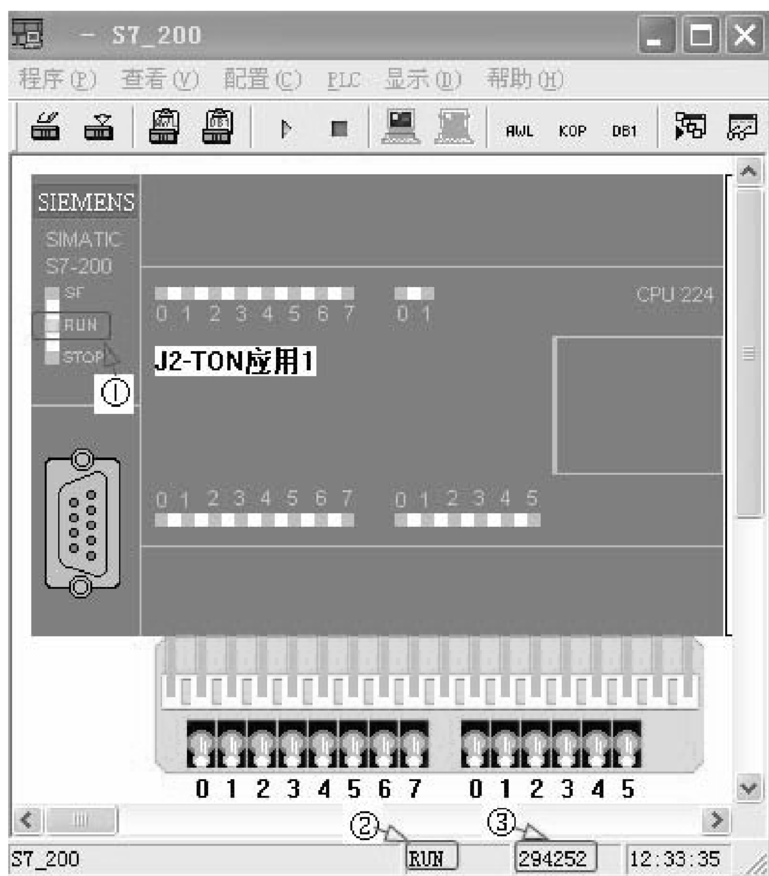


图 2-44　RUN 的 3 个状态

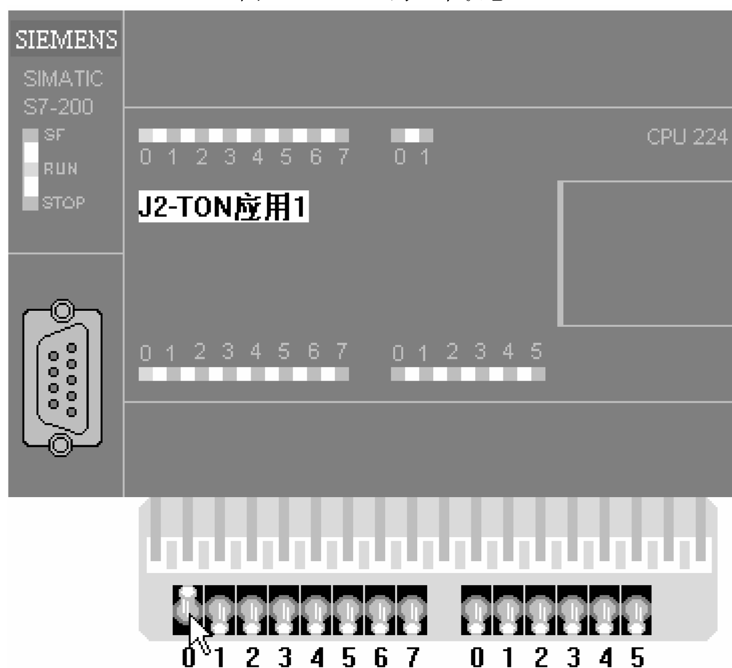


图 2-45　对输入进行操作



图 2-46　状态观察窗口

2.4　LAD 设计与仿真案例：自动开关门控制

1. 自动开关门控制概述

在超级市场、公共建筑、银行、医院等入口，经常会使用自动门控制系统，如图 2-47 为某酒店前台自动门。



图 2-47　酒店前台自动门

自动门的主要电气控制原理图如图 2-48 所示，其硬件组成主要包括门内光电探测开关 K1（图中未画出）、门外光电探测开关 K2（图中未画出）、开门到位限位开关 SQ1（图中未画出）、关门到位限位开关 SQ2（图中未画出）、开门执行机构 KM1（使电动机正转）、关门执行机构 KM2（使电动机反转）等部件。在实际工作自动门电动机实现开关门的时候，考虑到电动机的惯性，通常当微动开关动作（关门到位或开门到位）时采用电磁抱闸来实行电动机的快速停止，以防止撞门现象出现。

以下是该酒店客户对自动门提出的控制要求：

1）当有人由内到外或由外到内通过光电检测开关 K1 或 K2 时，开门执行机构 KM1 动作，电动机正转，到达开门限位开关 SQ1 位置时，电动机停止运行。

2）自动门在开门位置停留 8s 后，自动进入关门过程，关门执行机构 KM2 被启动，电动机反转，当门移动到关门限位开关 SQ2 位置时，电动机停止运行。

3）在关门过程中，当有人员由外到内或由内到外通过光电检测开关 K2 或 K1 时，应立

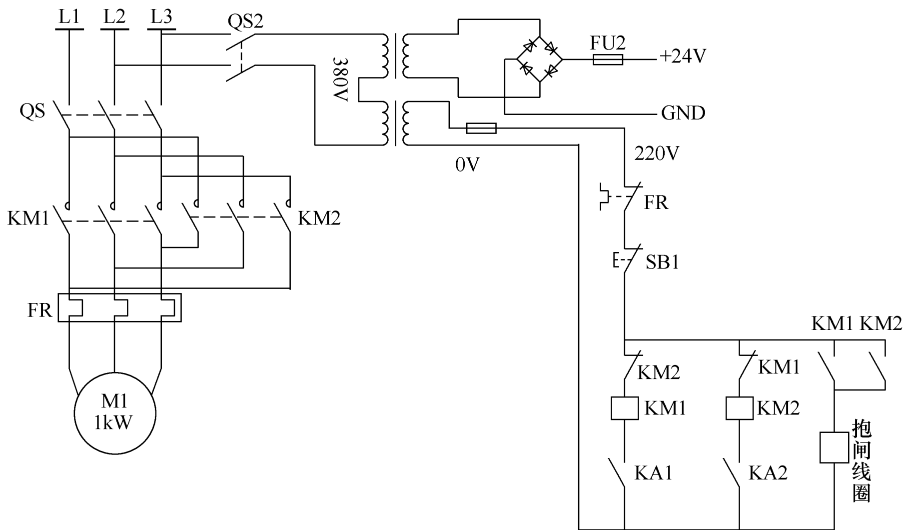


图 2-48　自动门电气控制原理图

即停止关门，并自动进入开门程序。

4）在门打开后的 8s 等待时间内，若有人员由外至内或由内至外通过光电检测开关 K2 或 K1 时，必须重新开始等待 8s 后，再自动进入关门过程，以保证人员安全通过。

请设计合理的 PLC 电气控制系统方案。

2. 自动门控制的硬件设计

对于自动门控制，其硬件设计相对简单，如图 2-49 所示。需要注意的是，在 PLC 电路控制中，输入和输出基本是分离的，而且由于本电路输入是 DC24V 信号，而输出是 AC220V 信号，因此不能有任何短路现象发生。

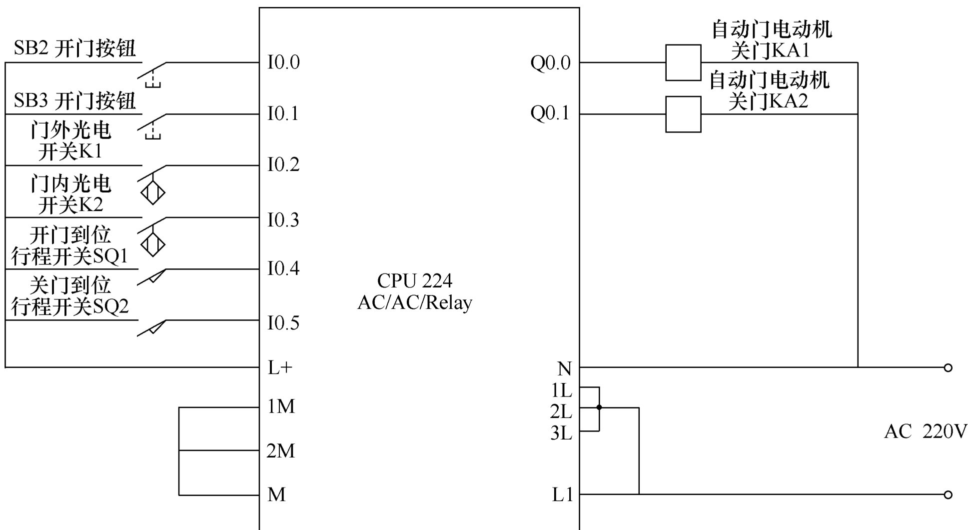


图 2-49　自动门控制的硬件设计

根据图 2-49 所示可以列出自动门控制的 I/O 分配表，见表 2-6。

表 2-6 自动门控制的 I/O 分配

输入	名称	输出	名称
I0. 0	开门按钮 SB2	Q0. 0	自动门电动机开门 KA1
I0. 1	关门按钮 SB3	Q0. 1	自动门电动机关门 KA2
I0. 2	门内光电开关 K1		
I0. 3	门外光电开关 K2		
I0. 4	开门到位行程开关 SQ1		
I0. 5	关门到位行程开关 SQ2		

3. 自动门控制的软件设计

自动门的软件设计，主要根据 SA1 选择开关来进行，分为手动和自动，自动门开关控制主程序如图 2-50 所示，其中定时器的时间可以根据实际要求进行调整。

4. 自动门控制的软件仿真

按照本讲 2. 3 节的要求将自动门开关控制的主程序导出 awl 文件后，进行仿真软件加载，并进行测试，图 2-51 所示为自动门开关控制仿真界面，为“自动情况下，门在关闭时，当门内光电开关动作时，自动门执行开门动作”，此时需要将 I0. 2 和 I0. 5 的开关均打到 ON 状态。其余状态测试可以类比进行，不再赘述。

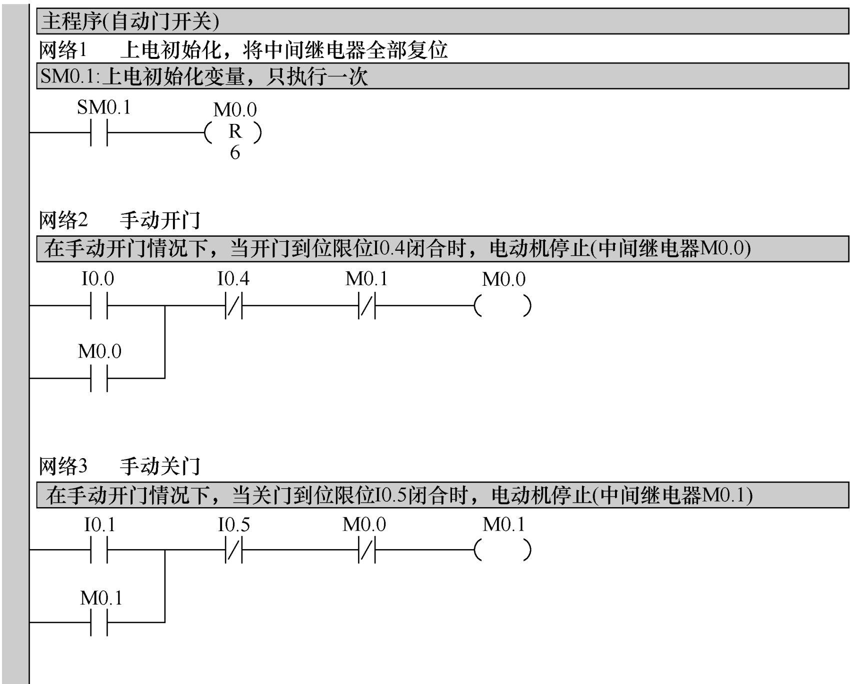
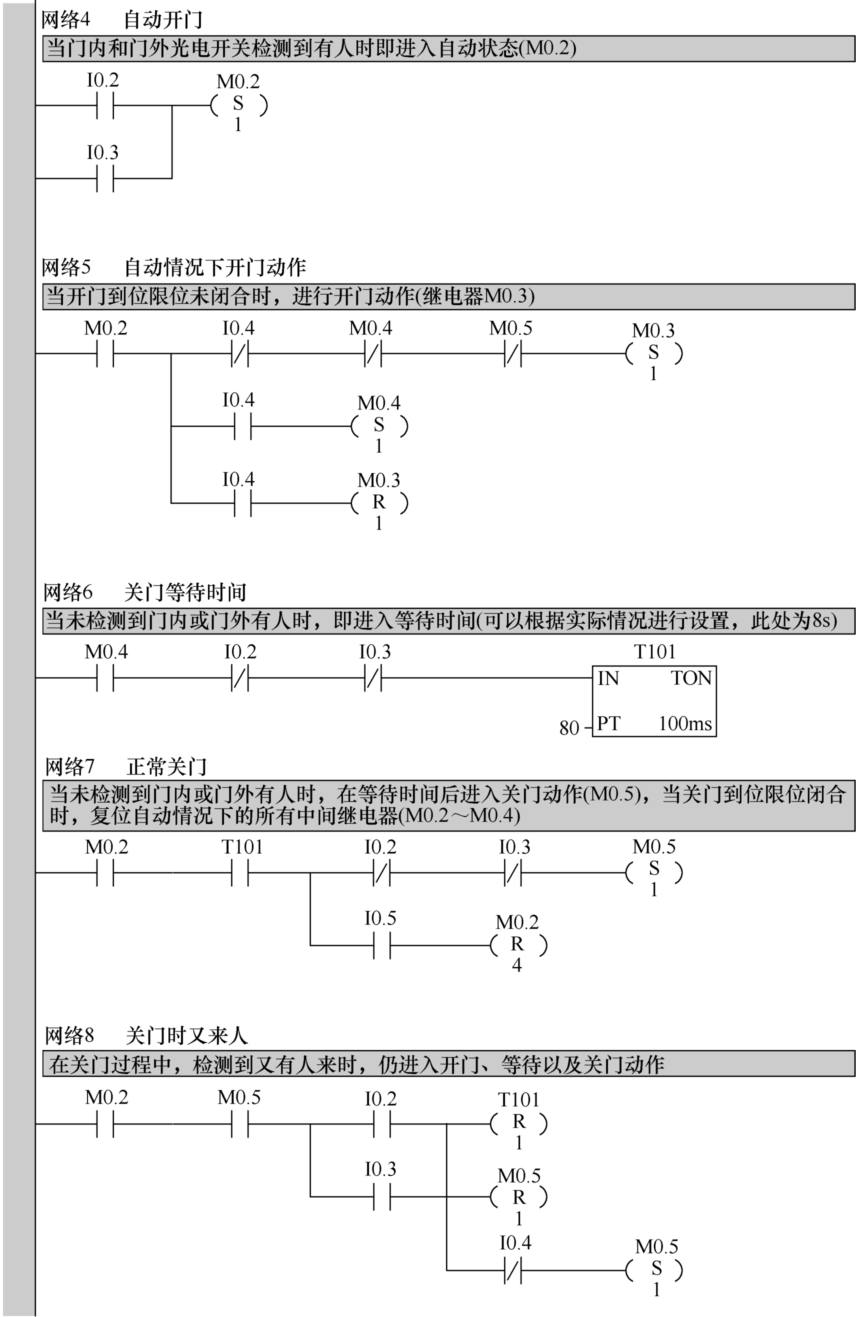


图 2-50 自动门开关控制主程序



网络4　自动开门
当门内和门外光电开关检测到有人时即进入自动状态(M0.2)
I0.2
M0.2
S
1
I0.3
网络5　自动情况下开门动作
当开门到位限位未闭合时，进行开门动作(继电器M0.3)
M0.2
I0.4
M0.4
M0.5
M0.3
S
1
I0.4
M0.4
S
1
I0.4
M0.3
R
1
网络6　关门等待时间
当未检测到门内或门外有人时，即进入等待时间(可以根据实际情况进行设置，此处为8s)
M0.4
I0.2
I0.3
T101
IN TON
80
PT 100ms
网络7　正常关门
当未检测到门内或门外有人时，在等待时间后进入关门动作(M0.5)，当关门到位限位闭合时，复位自动情况下的所有中间继电器(M0.2～M0.4)
M0.2
T101
I0.2
I0.3
M0.5
S
1
I0.5
M0.2
R
4
网络8　关门时又来人
在关门过程中，检测到又有人来时，仍进入开门、等待以及关门动作
M0.2
M0.5
I0.2
T101
R
1
I0.3
M0.5
R
1
I0.4
M0.5
S
1

图 2-50　（续）

网络9 输出开门动作

手动情况下的开门和自动情况下的开门

M0.0 Q0.0

M0.3

网络10 输出关门动作

手动情况下的关门和自动情况下的关门

M0.1 Q0.1

M0.5

图 2-50 （续）

SIEMENS
SIMATIC
S7-200
SF
RUN
STOP
0 1 2 3 4 5 6 7 0 1
CPU 224
J2-自动化开关控制1
0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5
0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5
SMB 28 [0]
SMB 29 [0]

梯形图OB1
ORGANIZATION_BLOCK 主程序:OB1
Network 1 // 上电初始化，将中间继电器全部复位
SM0.1 M0.0 R 6
Network 2 // 手动开门
I0.0 I0.4 M0.1 M0.0
M0.0
Network 3 // 手动关门
I0.1 I0.5 M0.0 M0.1
M0.1
Network 4 // 自动开门
I0.2 M0.2 S 1
I0.3
Network 5 // 自动情况下开门动作
M0.2 I0.4 M0.4 M0.5 M0.3 S 1
I0.4 M0.4

图 2-51 自动门开关控制仿真界面

第 3 讲　扩展模块与 PLC 设置

导读

小型 PLC 区别于中大型 PLC 的主要区别在于前者无集成式总线背板，模块间的组成主要通过扁平线一级一级串接起来。这种连接方式最大的特点在于降低成本、提高抗环境干扰能力、安装要求低，对于输入输出点数不高的自动化控制系统非常适合。而系统块主要用于配置 S7-200CPU 选项，当项目的 CPU 类型和版本能够支持特定选项时，这些系统块配置选项将被启用。

3.1　数字量扩展模块

1. 小型 PLC 的基本配置

小型 PLC 区别于中大型 PLC 的主要区别在于前者无集成式总线背板，模块间的组成主要通过扁平线一级一级串接起来（见图 3-1）。这种连接方式最大的特点在于降低成本、提高抗环境干扰能力、安装要求低，对于输入输出点数不高的自动化控制系统非常适合。

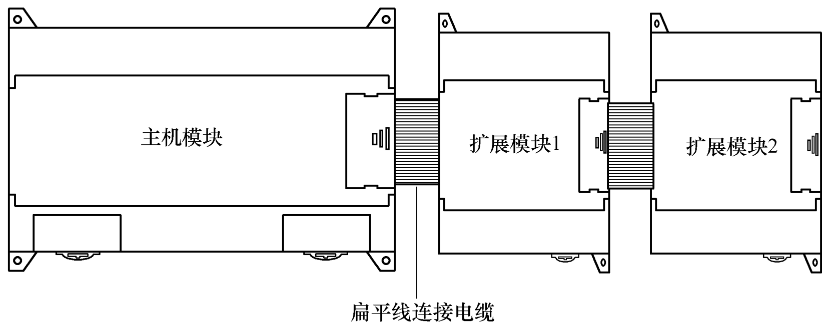


图 3-1　小型 PLC 基本系统配置

小型 PLC 的系统配置如图 3-2 所示，它包括主机模块和扩展模块（可以是多个）两部分。

主机模块包括 CPU、输入、输出、工作电源和通信口，其功能如下：

1）CPU：主要负责信号处理、用户程序存储、数据存储和用户程序执行等功能。

2）输入：外部设备的输入信号或数据被转换为可处理的形式，然后输入到主机。

3）输出：把 CPU 发出的输出信号转换为能够驱动外部设备的信号。

4）工作电源：把外部电源转换为 PLC 系统内部供应电源，该外部电源可以是交流 220V，也可以是直流 24V，具体根据不同的 PLC 机型而定。

5）通信口：给其他系统或提供数据交换功能，如编程软件、组态软件、其他 PLC 系统等。

扩展模块包括各种输入/输出模块、通信模块、定位模块、特殊模块等，其中输入/输出模块包括数字量输入/输出模块、模拟量输入/输出模块、混合输入/输出模块、模拟定时器模块、热电阻温度模块、热电偶温度模块等。特殊模块根据不同的品牌有所不同，如时钟模

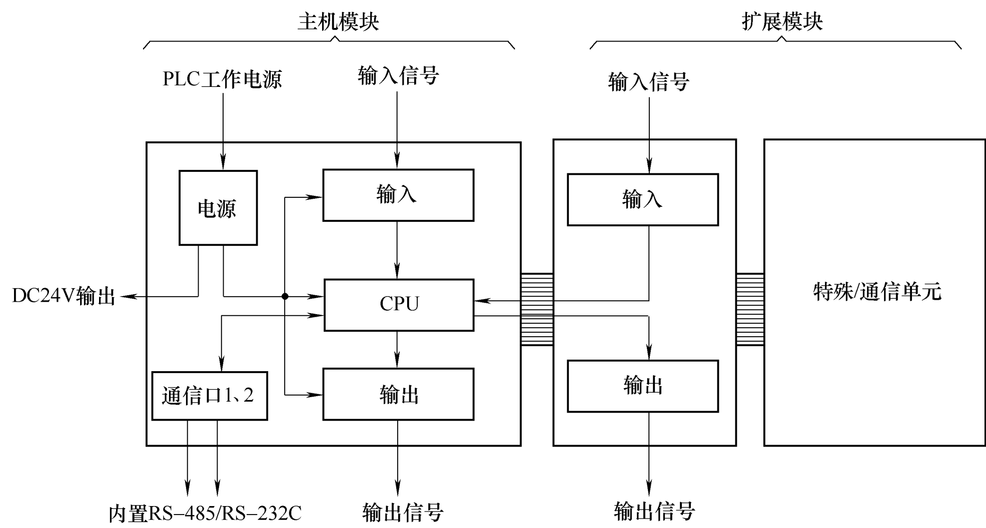


图 3-2　小型 PLC 的系统配置

块、外部存储器模块等。

2. 扩展模块概念

在 S7-200 应用中，由于很多控制设备与装置的输入和输出点数比较多，尤其是对于一条流水线控制，往往一个主 CPU 不能满足要求，这就需要进行扩展。

对于模块数量的配置，CPU224 和 CPU226 的最大扩展模块数是 7 个，但在实际配置时，必须考虑到电源消耗方面的因素，以确定 S7-200 CPU 能为配置提供多少功率，如果超出 CPU 电源预算值，将无法连接全部模块。

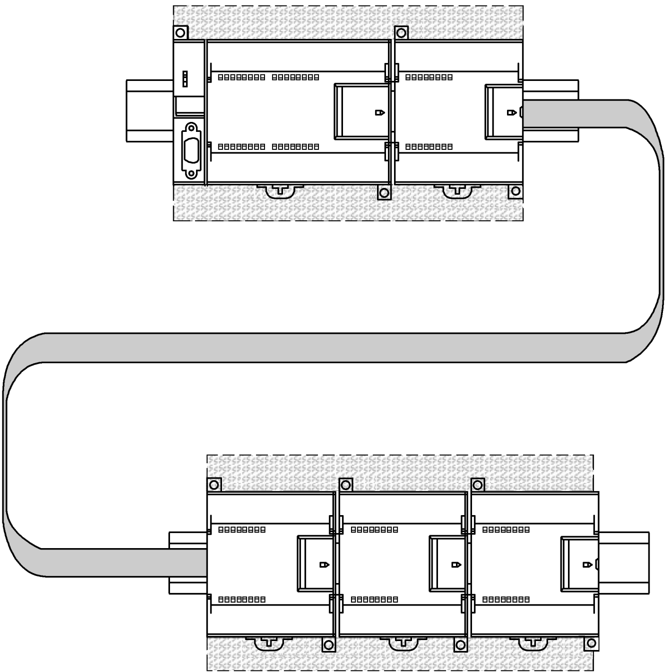


图 3-3　S7-200 模块安装方式

对于模块数多的 PLC 连接，可以考虑采用图 3-3 所示的 S7-200 模块安装方式以满足紧凑性电控柜的要求。

3. 数字量输入 EM221 模块

西门子 S7-200 EM221 扩展模块为数字量输入，它有三种类型，即 8 点输入（DC 24V）、8 点输入（AC 120/230V）、16 点输入（DC 24V），接线如图 3-4 所示。

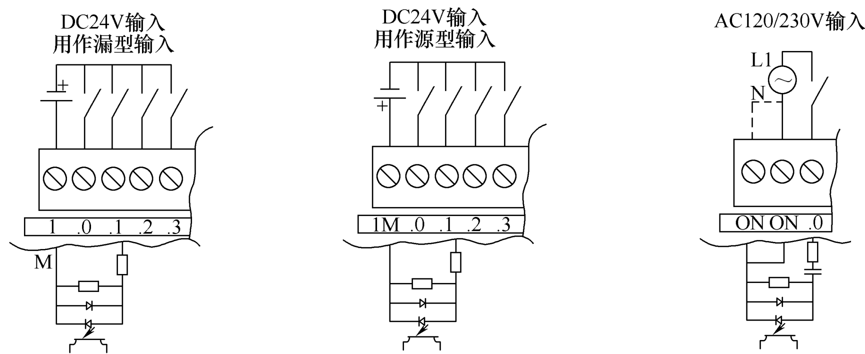


图 3-4　S7-200 数字量输入接线

对于 DC 24V 输入电压类型来说，“1”信号电压应该在 15 ~ 30V 之间，“0”信号电压应该在 0 ~ 5V。

4. 数字量输出 EM222 模块

EM222 是西门子扩展数字量输出模块，它共有三种输出类型，即 DC 24V 输出、继电器输出和 AC 120/230V 输出。具体的接线方式如图 3-5 所示。

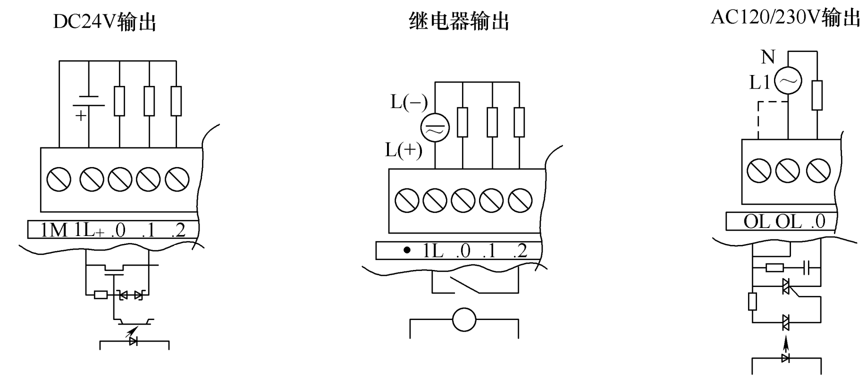


图 3-5　S7-200 数字量输出接线

在输出接线中，如果因为过多的感性开关或不正常的条件而引起输出过热，输出点可能关断或被损坏，因此必须采用一定的抑制电路（见图 3-6）。

5. 数字量输入/输出混合模块 EM223

EM223 是混合模块，包括输入 4 点输出 4 点、输入 8 点输出 8 点、输入 16 点输出 16 点三种类型，是使用频度非常高的模块。

图 3-7 所示为输入 8 点输出 8 点继电器的 EM223 模块接线。

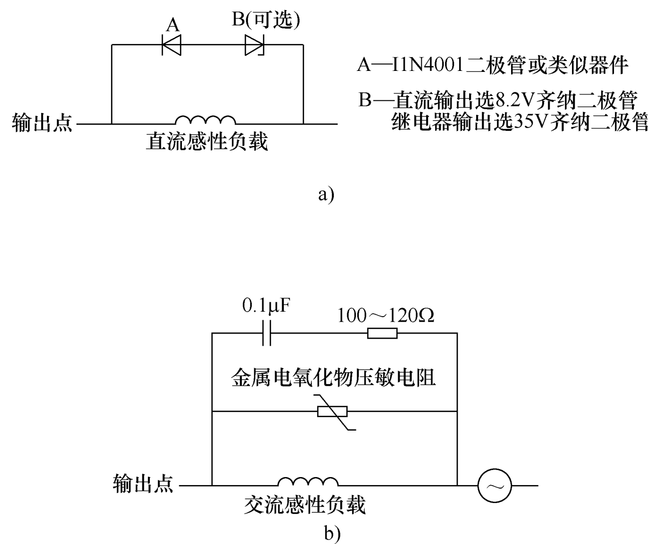


图 3-6　抑制电路

a）直流负载　b）交流负载

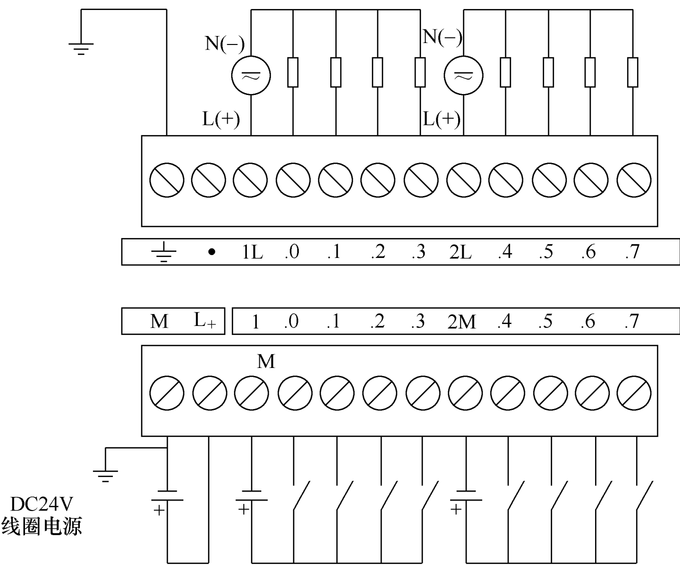


图 3-7　EM223 模块接线

3.2　扩展模块寻址与仿真

1. 扩展模块的寻址

用户可以将扩展模块连接到 CPU 的右侧来增加 I/O 点，形成 I/O 链。对于同种类型的输入/输出模块，模块的 I/O 地址取决于 I/O 类型和模块在 I/O 链中的位置。举例来说，输

出模块不会影响输入模块上的点地址，反之亦然。类似的，模拟量模块不会影响数字量模块的寻址，反之亦然（模拟量寻址会在 3.3 介绍）。

数字量模块总是保留以 8 位（1 个字节）增加的过程映像寄存器空间。如果模块没有给保留字节中每一位提供相应的物理点，那些未用位不能分配给 I/O 链中的后续模块。对于输入模块，这些保留字节中未使用的位会在每个输入刷新周期中被清零。

图 3-8 所示是一个特定的硬件配置中的 I/O 地址。地址间隙（用灰色斜体文字表示）无法在程序中使用。

CPU224XP		4输入/4输出		8输入	4模拟量输入 1模拟量输出		8输出	4模拟量输入 1模拟量输出	
本地I/O		扩展I/O 模块0		模块1	模块2		模块3	模块4	
I0.0	Q0.0	I2.0	Q2.0	I3.0	AIW4	AQW4	Q3.0	AIW12	AQW8
I0.1	Q0.1	I2.1	Q2.1	I3.1	AIW6	*AQW6*	Q3.1	AIW14	*AQW10*
I0.2	Q0.2	I2.2	Q2.2	I3.2	AIW8		Q3.2	AIW16	
I0.3	Q0.3	I2.3	Q2.3	I3.3	AIW10		Q3.3	AIW18	
I0.4	Q0.4	*I2.4*	*Q2.4*	I3.4			Q3.4		
I0.5	Q0.5	*I2.5*	*Q2.5*	I3.5			Q3.5		
I0.6	Q0.6	*I2.6*	*Q2.6*	I3.6			Q3.6		
I0.7	Q0.7	*I2.7*	*Q2.7*	I3.7			Q3.7		
I1.0	Q1.0								
I1.1	Q1.1								
I1.2	*Q1.2*								
I1.3	*Q1.3*								
I1.4	*Q1.4*								
I1.5	*Q1.5*								
I1.6	*Q1.6*								
I1.7	*Q1.7*								
AIW0	AQW0								
AIW2	*AQW2*								

图 3-8　CPU224XP 的本地和扩展 I/O 地址举例

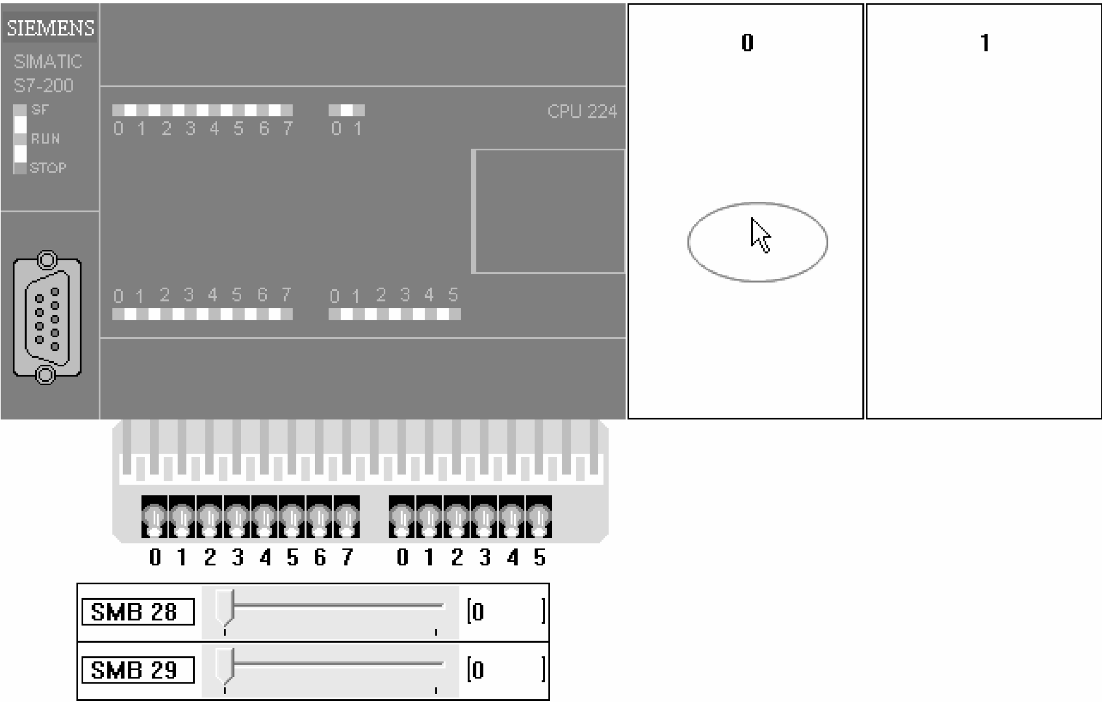


图 3-9　仿真软件的模块扩展区

2. 利用仿真软件进行扩展模块的增加与删除

(1) 模块扩展

在图 3-9 所示的仿真软件“模块扩展区”的空白处点击，弹出模块组态窗口。在图 3-10 所示的扩展模块选项窗口中列出了可以在仿真软件中扩展的模块。选择需要扩展的模块类型后，点击“确定”按钮即可。

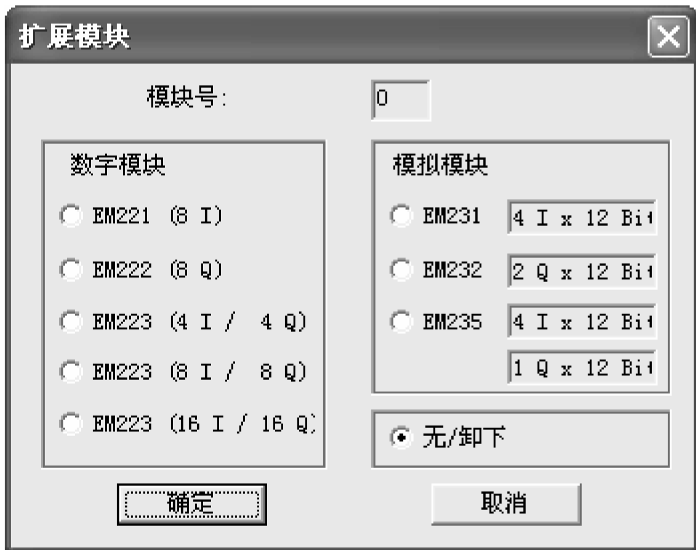


图 3-10　扩展模块选项窗口

比如选择 EM223（4I/4Q），选中后，即可看到如图 3-11 所示的画面。显然，仿真软件已经自动将地址 IB2/QB2 显示出来。

需要注意的是，不同类型的 CPU 可扩展的模块数量是不同的，每一处空白只能添加一种模块。

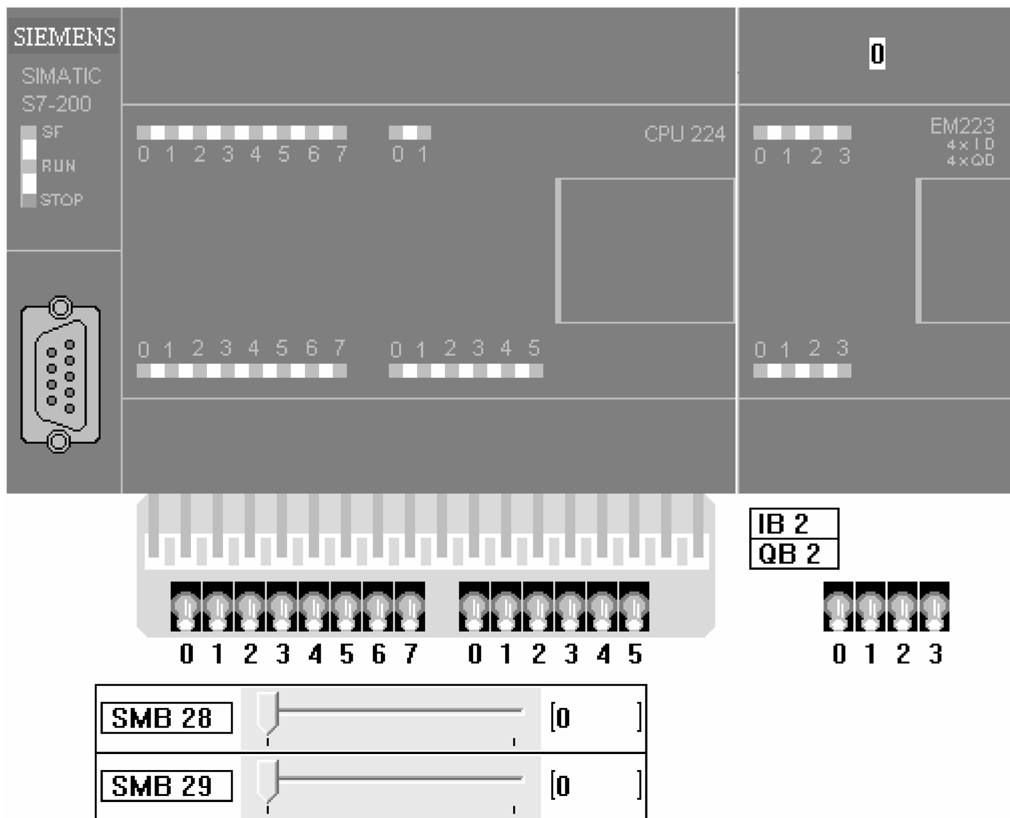


图 3-11　添加 EM223 模块

3.3　模拟量扩展模块

1. 模拟量输入

模拟量值是一个连续变化值，像电压、电流、温度、速度、压力、流量等。例如，压力是随着时间的变化而变化的。因为这个压力值不是直接作为 PLC 的输入，而是必须通过变换器把同压力值相对应的电压值（0 ~ 10V）或电流值（4 ~ 20mA）输入到 PLC 中，模拟量与数字量如图 3-12 所示。

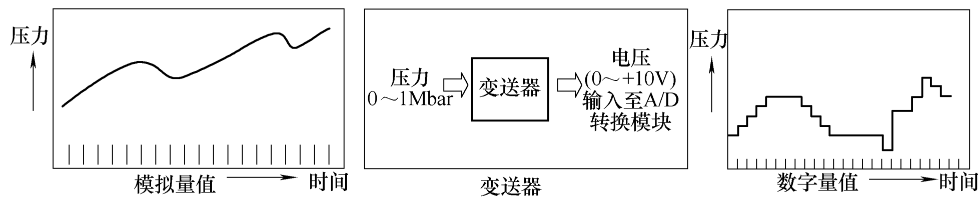


图 3-12　模拟量与数字量

PLC 的模拟量输入包括信号为 DC 0 ~ 10V、0 ~ 20mA 或者 4 ~ 20mA 三种，对于不同的输入，尤其是电流输入和电压输入，都应该设置硬跳线（拨码开关）或者软跳线（参数设定）。PLC 的模拟量输入模块负责 A/D 转换，将模拟量信号转换为 PLC 可以认识的数字量信号。

图 3-13 所示为模拟量输入电压的转换实例，每一种 PLC 输入 10V 都会对应一个最大数值，这里以最大值 4000 为例，即输入 10V 对应数值 4000，则其输入特性的曲线为 $y = 400x$（y 代表数字输出值，x 代表模拟量输入电压）。输入 2.5mV 等同数字值 1，小于 2.5mV 的值不能转换。

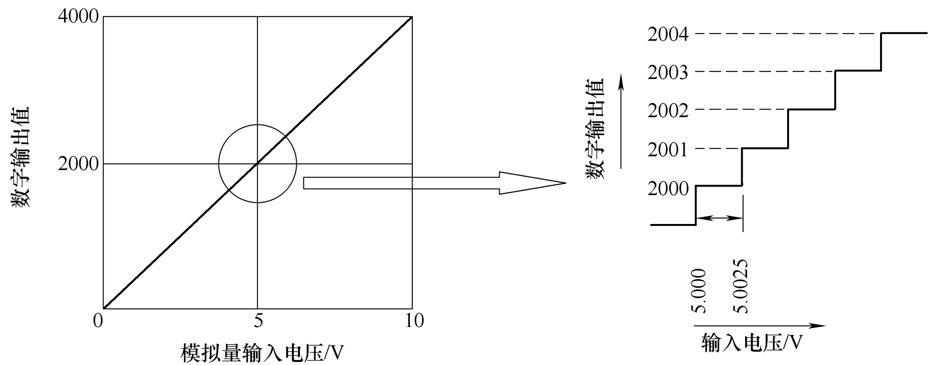


图 3-13　模拟量输入电压的转换实例

用软件实现的工程化反变换如图 3-14 所示。

2. 模拟量与数字量的关系

模拟量其实也是数字量，因为在 PLC 或是计算机里面只有 0 和 1，其实模拟量也就是由 1 和 0 组合起来的，它有个分辨率的概念，比如说 12 位的分辨率，那么 12 位的分辨率是什么意思呢？因为里面是 2 进制的，然后 12 的分辨率就是表示 212，212 =4096 它的意思是我这个满量程能分成 4096 等份，那么为了计算方便我们取 4000，意思是我的输出可以把它分

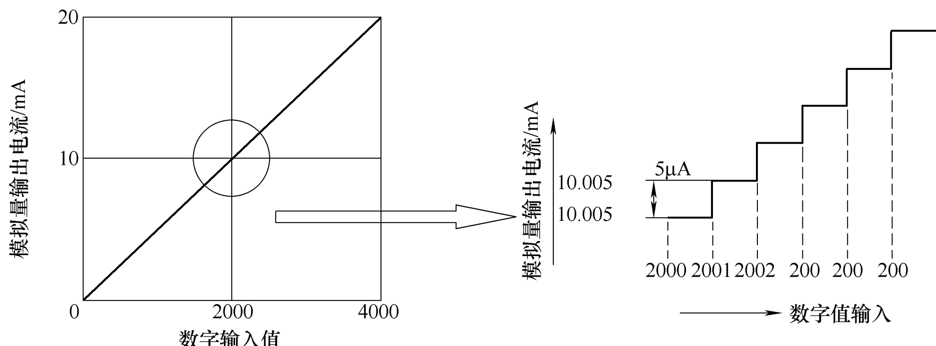


图 3-14　工程化反变换

成 4000 等份，我的输出量输出是 0 ~ 10V，那么一等份等于 2. 5mV，所以说理论上它的模拟量输出值只能是 0mV、2. 5mV、5mV、7. 5 mV 依次递增，而不可能出现 3mV，4mV 因为它由分辨率决定，分辨率是 12 位进制的只能分到 4000 等份，每一等份是 2. 5mV。那么这个模拟量的意思是，把这一输出分成比较多的等份。每份很细，当一份增加 2. 5mV 的时候，对现场几乎是没有改变，那么就足够用了。比如说控制变频器，增加 2. 5mV，那变频器的频率几乎是不变的，可能变 0. 101Hz 没什么作用，那么你的模拟量的分辨率就足够用。模拟量的意思大概如此，就是用多位的数字量来表达一个比 1 大的数。因为在计算机里面只有 0 和 1 这两个数，比如我们要表达 10 那么就是 1010。

3. 西门子模拟量输入/输出模块

（1）EM231 模拟量输入模块

图 3-15 所示为 EM231 模拟量输入接线示意。

输入校准

校准调节影响模拟量多路转换器运算的放大器，因此校准影响到所有的同一个模块的输入通道。即使在校准以后，如果模拟量多路转换器之前的输入电路的部件值发生变化，那么，从不同通道读入同一个输入信号，其信号值也会有微小的不同。

为了达到产品的标准技术参数，应启动用于模块所有输入的模拟输入滤波器，计算平均值时，选择 64 次或更多的采样次数。

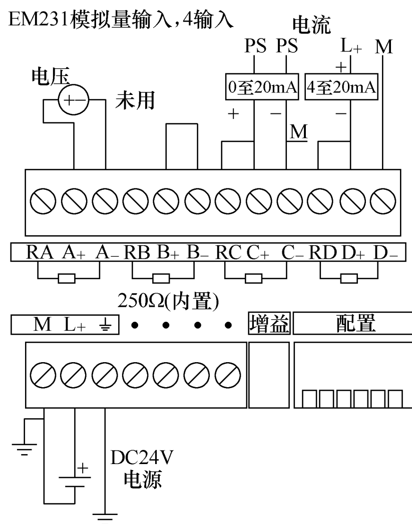


图 3-15　EM231 模拟量输入接线示意

校准输入时，其步骤如下：

1）切断模块电源，选择需要的输入范围；

2）接通 CPU 和模块电源，使模块稳定 15min；

3）用一个传感器，一个电压源或一个电流源，将零值信号加到一个输入端；

4）在 CPU 的程序中读出测量值；

5）调节偏置电位器，直到读数为零，或所需要的数字数据值；

6）将一个满刻度值信号 DC 10V 或 10mA 信号接到输入端子中的一个，读出 CPU 中的数值；

7）调节增益电位器，直到读数为 32000，或所需要的数字数据值；

8）必要时，重复偏置和增益校正过程。

注意，EM231 模块只有增益电位器，因此可以略去偏置调节部分。

配置组态

EM231 模块的输入需要通过配置开关进行单极性或双极性组态，EM231 模块组态配置见表 3-1。

表 3-1　EM231 模块组态配置

单极性			满量程输入	分辨率
SW1	SW2	SW3		
ON	OFF	ON	0 ~ 10V	2. 5mV
	ON	OFF	0 ~ V	1. 25mV
			0 ~ 20mA	5μA
双极性			**满量程输入**	**分辨率**
SW1	SW2	SW3		
OFF	OFF	ON	±5V	2. 5mV
	ON	OFF	±2. 5V	1. 25mV



图 3-16　模拟量输入格式

输入数据字格式

模拟量到数字量转换器称为 ADC，其为 12 位读数，数据格式是左端对齐的（见图 3-16）。最高有效位是符号位，0 表示正值数据字，对单极性格式，3 个连续的“0”使得 ADC 计数数值每变化一个单位则数据字的变化是以 8 为单位变化的。对双极性格式，4 个连续的“0”使得 ADC 计数数值每变化一个单位，则数据字的变化是以 16 为单位变化的。

（2）模拟量输入滤波功能

S7-200 PLC 允许对每一路模拟量输入选择软件滤波功能，滤波值是多个模拟量输入采样值的平均值，滤波器参数（如采样次数和死区）对于允许滤波的所有模拟量输入是相同的。

步骤如下：

1）通过菜单命令选中输入滤波器，点击模拟量标签；

2）选择需要滤波的模拟量输入、采样个数和死区；

3）确认后，将改变后的系统块下载到 PLC 中。

（3）EM232 模拟量输出模块

S7-200 PLC 的模拟量输出模块 EM232 接线方式如图

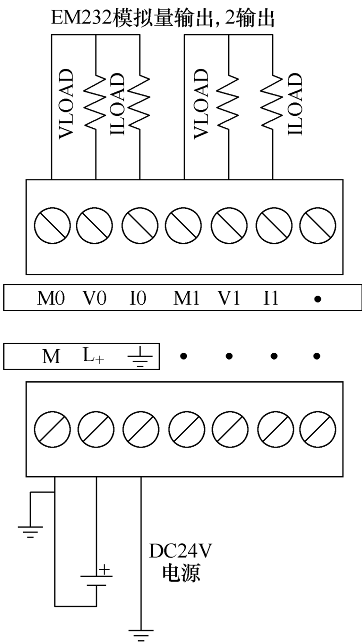


图 3-17　输出模块 EM232 接线示意

3-17 所示。

数字量到模拟量的转换器称为 DAC，分电流和电压两种输出格式，电流为 11 位读数，电压为 12 位读数，数字量到模拟量的转换格式如图 3-18 所示。

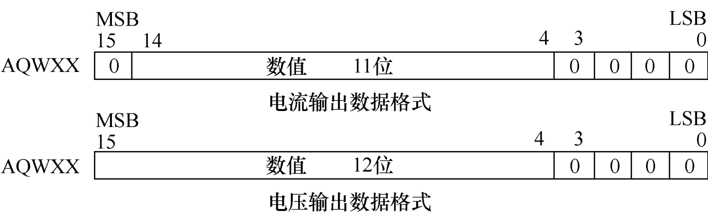


图 3-18　数字量到模拟量的转换格式

4. 西门子模拟量输入/输出模块的仿真

如图 3-19 所示，在扩展模块区域点击即可选择要添加的模拟量输入模块，即 EM231、EM232 和 EM235，这里以 EM231 为例进行添加，添加后的结果如图 3-20 所示。

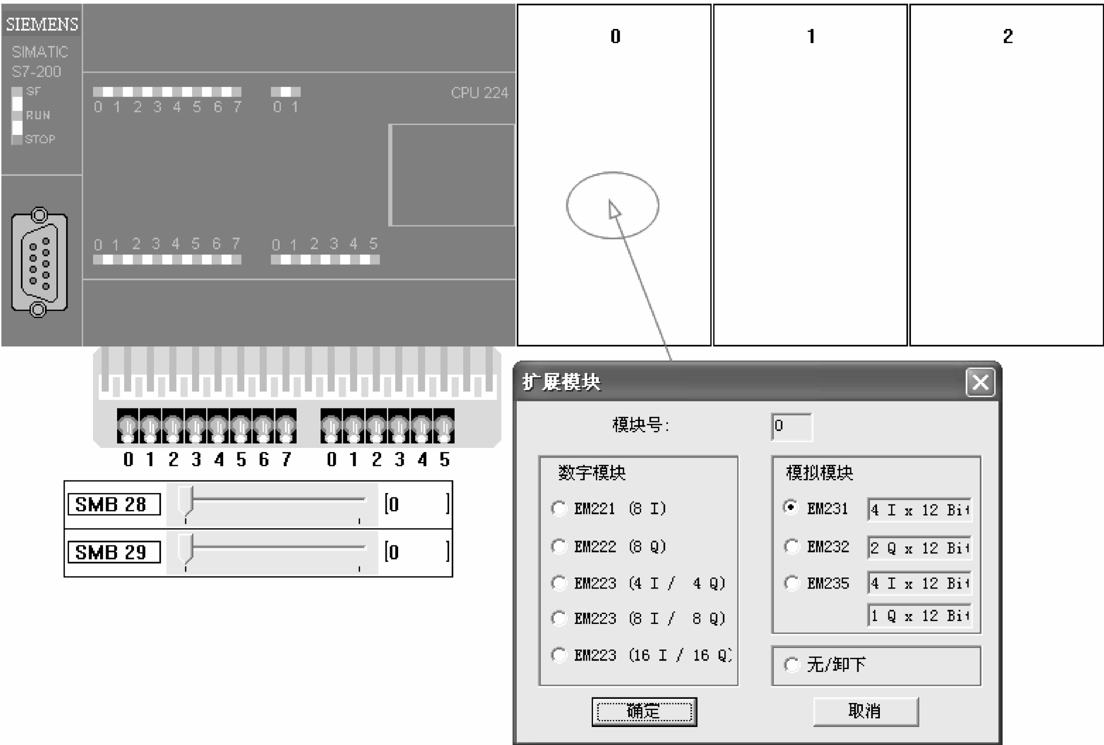


图 3-19　增加扩展模块 EM231

在图 3-21 中，用户可以用鼠标选择 AI0 ~ AI6 的任意一个滑块，即可获得不同的电压输入值。需要注意的是，在内存监视中，输入 10V 对应的值是 32760，这与 S7-200 手册中的值 32000 略有不同。10V 的内存监视值如图 3-22 所示。

点击 Conf. Module 按键，即可看到图 3-23 所示的配置 EM231，用户可以选择不同的模拟量输入方式，即 0 ~ 5V、0 ~ 20mA、0 ~ 10V。

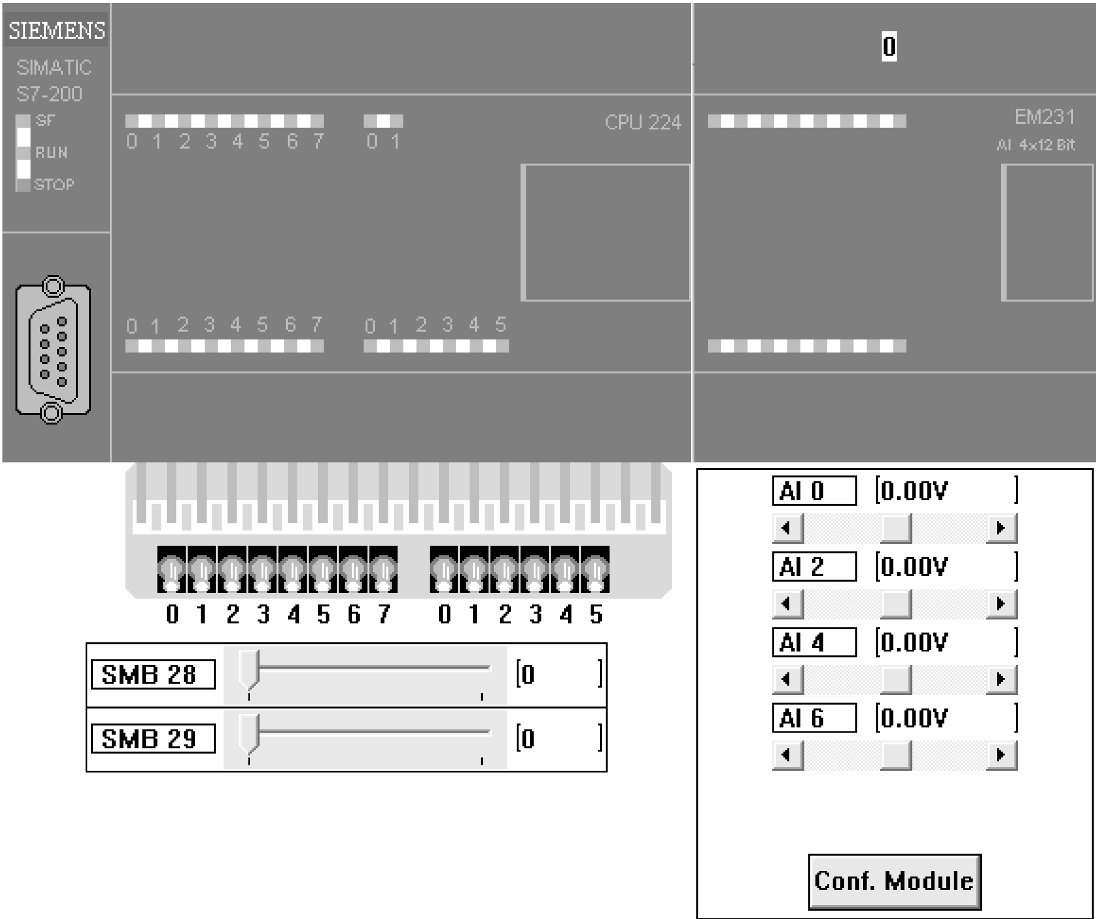


图 3-20　添加 EM231 后的结果

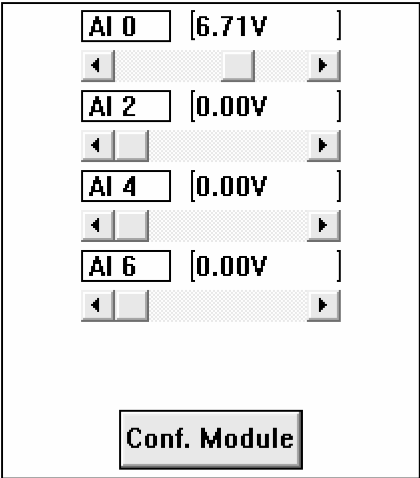


图 3-21　输入不同的模拟量值



图 3-22　10V 的内存监视值



图 3-23　配置 EM231

3.4　PLC 的系统块设置与信息

1. PLC 的系统块设置

系统块主要用于配置 S7-200CPU 选项，当项目的 CPU 类型和版本能够支持特定选项时，这些系统块配置选项将被启用。

下面列出全部系统块配置：

(1) 通信端口

通信端口主要设置 CPU 端口 0 或 1 的 PLC 地址、波特率等信息，具体如图 3-24 所示。

PLC 地址：输入要使用的 CPU 站地址：(1～126)。

最高地址：输入网络中的最高站地址（1～126）。

波特率：从下拉列表中选择要用的数据通信速率（9.6kbit/s、19.2kbit/s 或 187.5kbit/s)。

重试次数：输入尝试建立通信的重试次数：(0～8)。

间隔刷新系数：输入在检查新的网络主站前持有令牌的次数。对间隔更新系数的选择是基于网络的配置和大小。

(2) 断电数据保持

断电数据保持如图 3-25 所示，选择在上电周期时希望保持的存储区，包括 V、M、T 或 C 等存储区。



图 3-24　通信端口设置



图 3-25　断电数据保持

（3）密码

如图 3-26 所示，进行密码等级设置，以授权访问功能和存储区。如果没有设置密码，S7-200 提供不受限制的访问。受密码保护时，S7-200 根据授权级别来提供操作功能限制。

所有 21x 和 22xCPU 均支持密码级别 1，2，3。只有硬件版本 2.0.1 以后的 22xCPU 能支持密码级别 4。S7-200 的默认密码级别是级别 1（不受限制的访问）。

在网络中输入密码并不影响 S7-200 的密码保护。授权一位用户访问受限制的功能并不意味着授权其他用户访问这些功能。在某一时刻，S7-200 只允许一位用户执行无限制访问。

（4）输出表

“数字量输出表”令用户可在 RUN-to-STOP（运行至停止）转换后将数字量输出设置为安全状态，或保持在转换为 STOP（停止）模式之前所存在的输出状态，数字量输出表如图 3-27 所示。模拟量输出表令用户可在 RUN-to-STOP（运行至停止）转换后将模拟量输出设置为安全数值，或保持在转换为 STOP（停止）模式之前存在的输出数值。

（5）输入滤波器

S7-200 允许为某些或全部局部数字量输入点选择一个定义时延（可从 0.2 ~ 12.8ms 之间选择）的输入滤波器，如图 3-28 所示。该延迟帮助过滤输入接线上可能对输入状态造成不良改动的噪声。

通过设置输入时延，可以过滤数字量输入信号。输入状态改变时，输入必须在时延期限内保持在新状态，才能被认为有效。滤波器会消除噪声脉冲，并强制输入线在数据被接受之前必须先稳定下来。默认滤波器时间是 6.4ms。

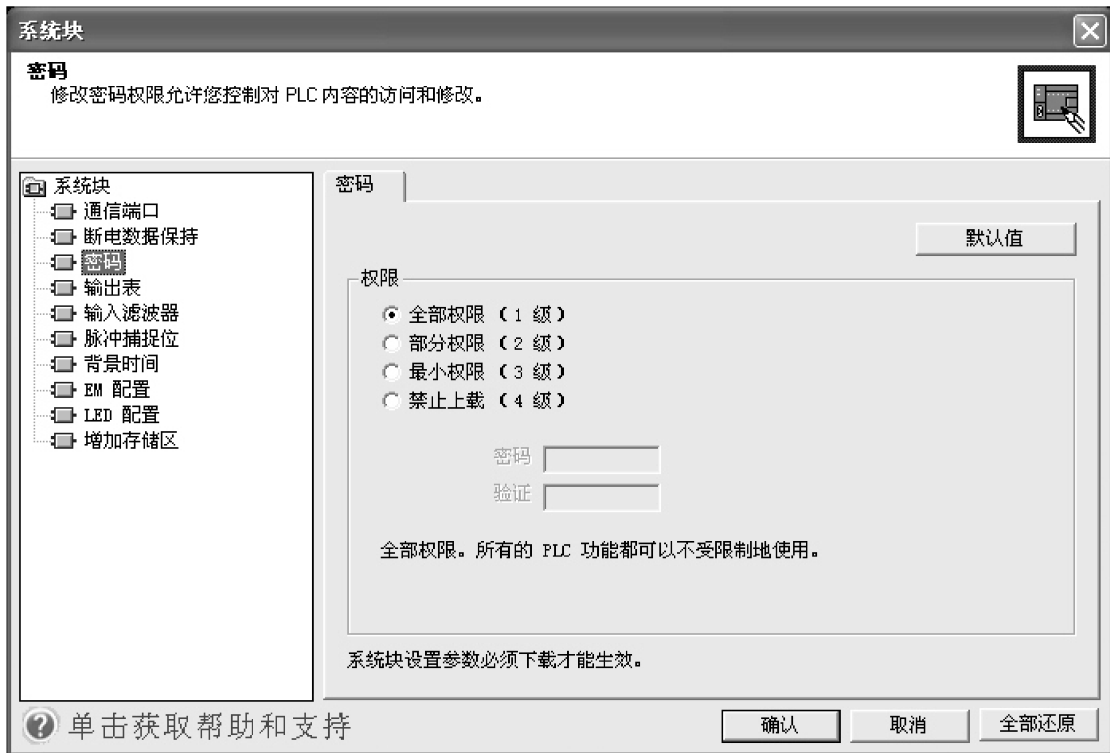


图 3-26　密码等级设置

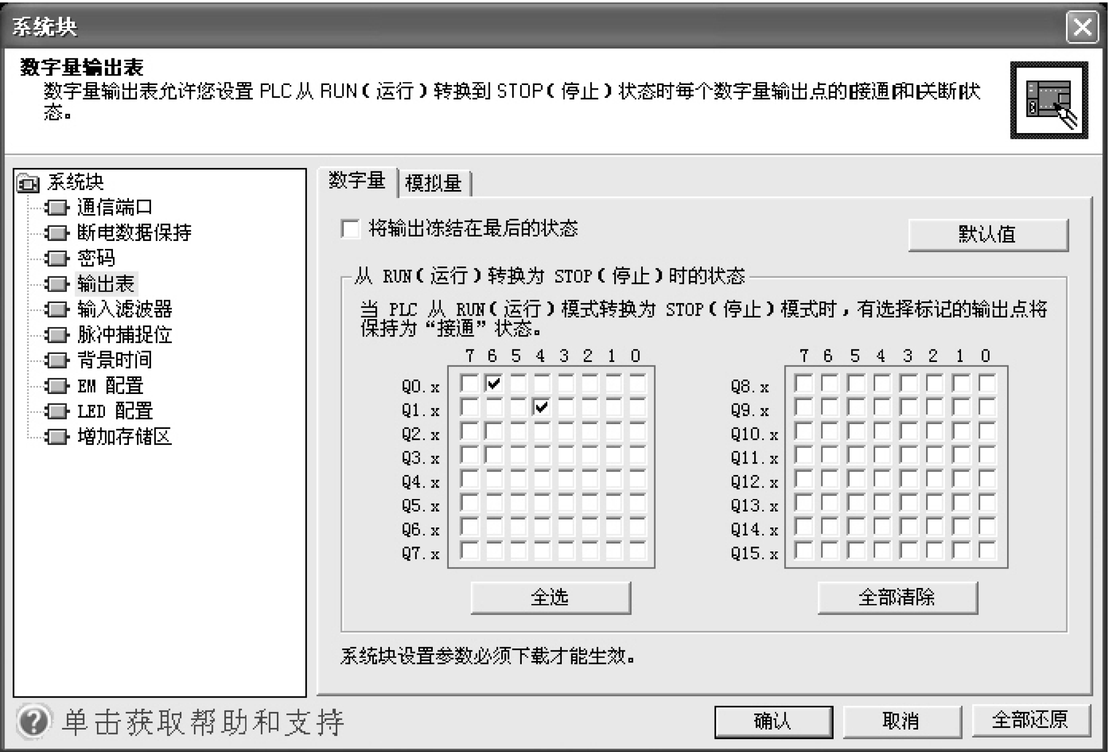


图 3-27　数字量输出表



图 3-28　定义时延的输入滤波器

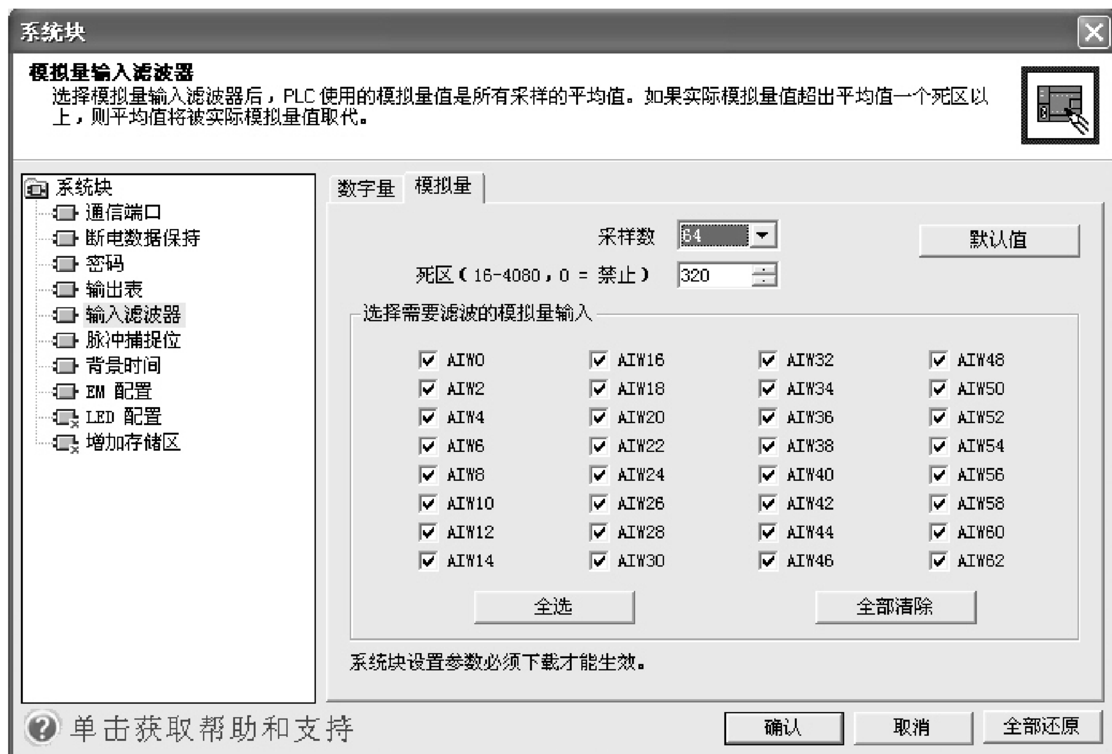


图 3-29　S7-200 模拟量输入滤波设置



图 3-30　建立通信

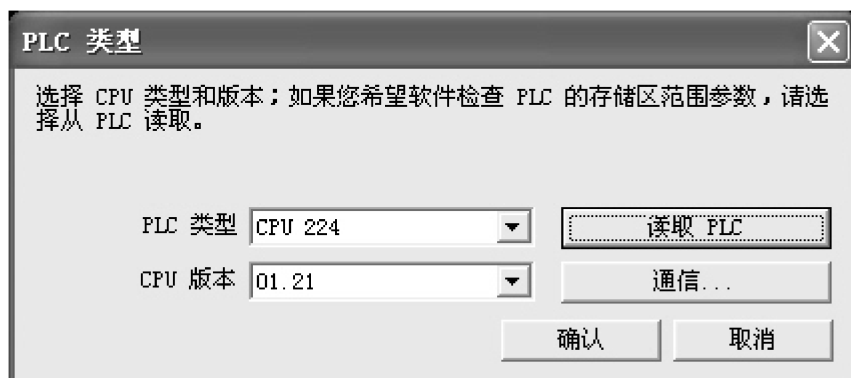


图 3-31　读取 PLC 类型



图 3-32　获得详细信息

同样，S7-200 模拟量输入滤波设置如图 3-29 所示。

（6）其他功能

其他功能还包括脉冲捕捉位、背景时间、EM 配置、LED 配置和增加存储区。

2. PLC 信息

PLC 信息的获取必须首先建立通信（见图 3-30），然后可以读取 PLC 类型（见图 3-31），最后获得详细信息（见图 3-32）。

第 4 讲　数据指令与数据块

导读

数据指令是 PLC 中高级应用的前提，也是目前 PLC 逐渐能代替部分 DCS 的主要原因之一。西门子 S7-200 的数据指令包括数据传送、整数运算、浮点数运算、表指令等。数据块则可以为西门子 S7-200 编程提供更多便利，STEP 7-Micro/WIN 编程环境提供了数据块的访问、赋值、重命名和保护数据块页标签，还能进行数据块文件与 ASCII 文件的转换。

4.1　常见的数据指令

1. 数据传送指令

S7-200 PLC 共有 10 个数据传送指令，如图 4-1 所示。

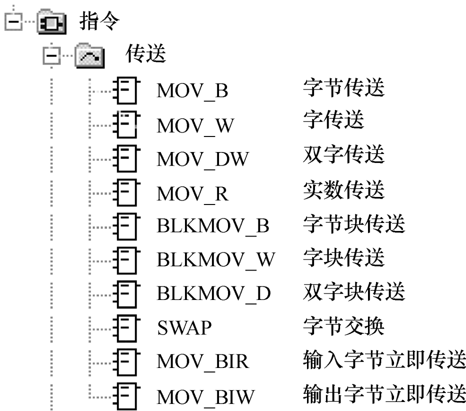


图 4-1　数据传送指令

（1）字节/字/双字/实数传送

这些传送指令就是将输入字节（IN）移至输出字节（OUT），不改变原来的数值。图 4-2 所示为字节传送指令。

字节传送指令的操作数类型见表 4-1。

（2）字节块移动/字块移动/双字块移动

成块移动指令将字节/字/双字数目（N）从输入地址（IN）移至输出地址（OUT），N 的范围为 1 ~ 255。

图 4-3 所示为字节块传送指令。

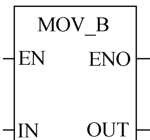


图 4-2　字节传送指令

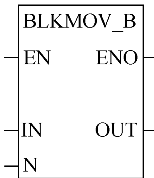


图 4-3　字节块传送指令

表 4-1　字节传送指令的操作数类型

输入/输出	操作数	数据类型
IN	VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，常数，*VD，*LD，*AC	字节
OUT	VB，IB，QB，MB，SB，SMB，LB，AC，*VD，*LD，*AC	字节

图 4-4 和图 4-5 所示为字节块传送程序及过程示意。

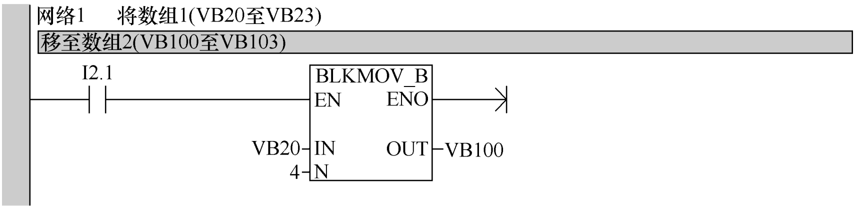


图 4-4 字节块传送程序

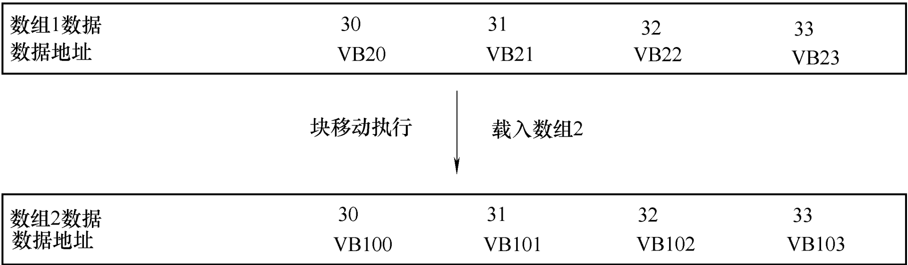


图 4-5 字节块传送过程示意

(3) 交换字节指令

交换字节指令交换字（IN）的最高位字节和最低位字节，SWAP 指令如图 4-6 所示。

图 4-7 和图 4-8 所示为交换字节程序及过程示意。

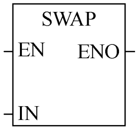


图 4-6 SWAP 指令

2. 整数计算指令

如图 4-9 所示为常用整数计算指令。

如图 4-10 所示为一整数运算举例。

根据程序，可以画出如图 4-11 所示的整数运算过程。

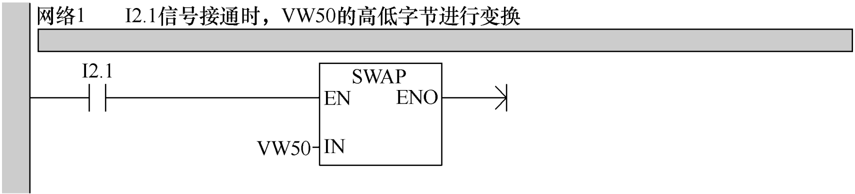


图 4-7 交换字节程序



图 4-8 交换字节过程示意

3. 浮点数计算指令

如图 4-12 所示为常用浮点数计算指令。

如图 4-13 所示为一浮点数运算举例。

根据程序，可以画出如图 4-14 所示的浮点数运算过程。其中为了理解上的方便，将 VD10 中的数据用 VW10 进行显示 VD100 高 2 字节，用 VW102 显示 VD100 低 2 字节，VW200 显示 VD200 高 2 字节。



图 4-9 常用整数计算指令

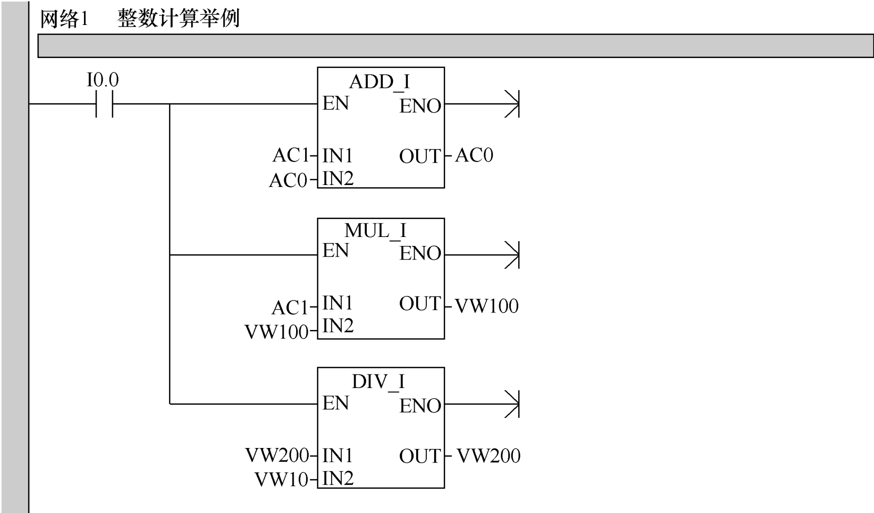


图 4-10 整数运算举例

	IN1		IN2	OUT
加数据	40	+	60	100
数据地址	AC1		AC0	AC0
乘以数据	40	*	20	800
数据地址	AC1		VW102	VW100
除以数据	4000	/	40	100
数据地址	VW200		VW10	VW200

图 4-11 整数运算过程

4. 移位/循环指令

如图 4-15 所示为常用移位/循环指令。

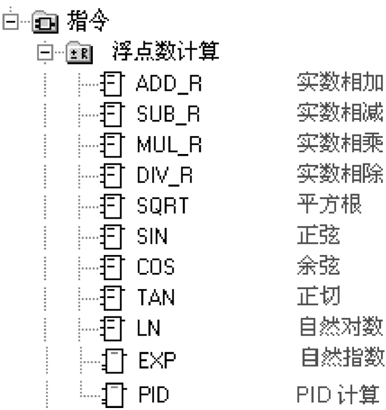


图 4-12　常用浮点数计算指令

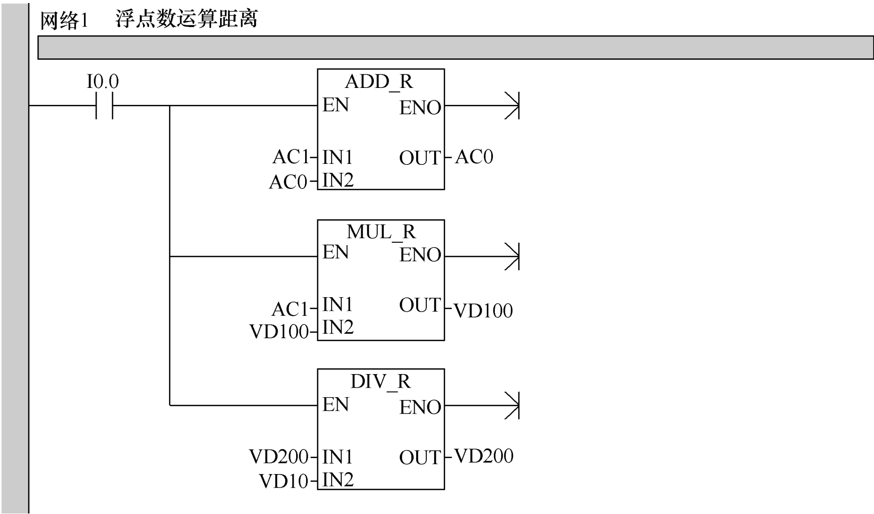


图 4-13　浮点数运算举例

	IN1		IN2	OUT
加数据	4000.0	+	6000.0	1000.0
数据地址	AC1		AC0	AC0
乘以数据	400.0	*	200.0	80000.0
数据地址	AC1		VW102	VW100
除以数据	4000.0	/	41.0	97.5609
数据地址	VW200		VW10	VW200

图 4-14　浮点数运算过程

5. 转换指令

如图 4-16 所示为常用转换指令。

6. 表指令

如图 4-17 所示为常用表指令。

对于表指令应用比较多，这里举个例子：

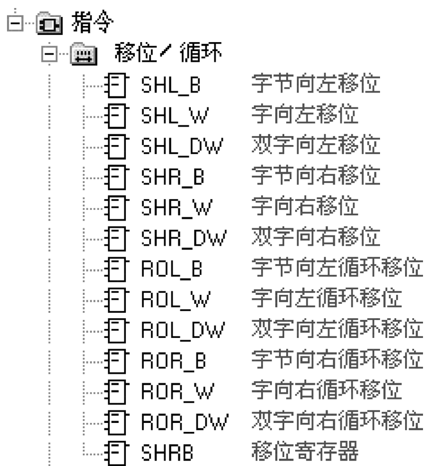


图 4-15 常用移位/循环指令

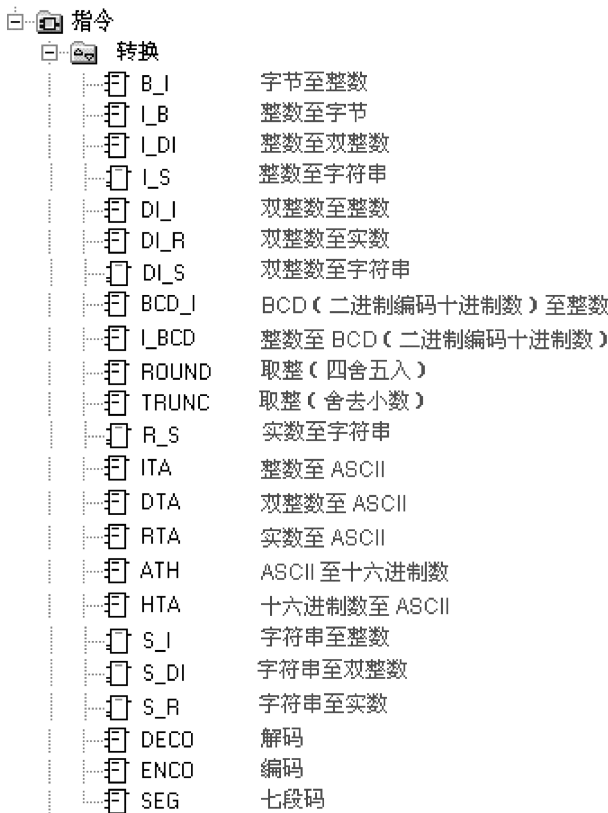


图 4-16 常用转换指令

表格的第一个内存位置包含表格长度（在本范例中，VW0 指定 20 个条目）；第二个内存位置显示表格条目的当前数目；其他位置包含条目。一个表格最多可有 100 个条目，当执行影响表格条目的指令时，条目的实际数目（此处为 VW2）会由 CPU 自动递增或递减。



图 4-17 常用表指令

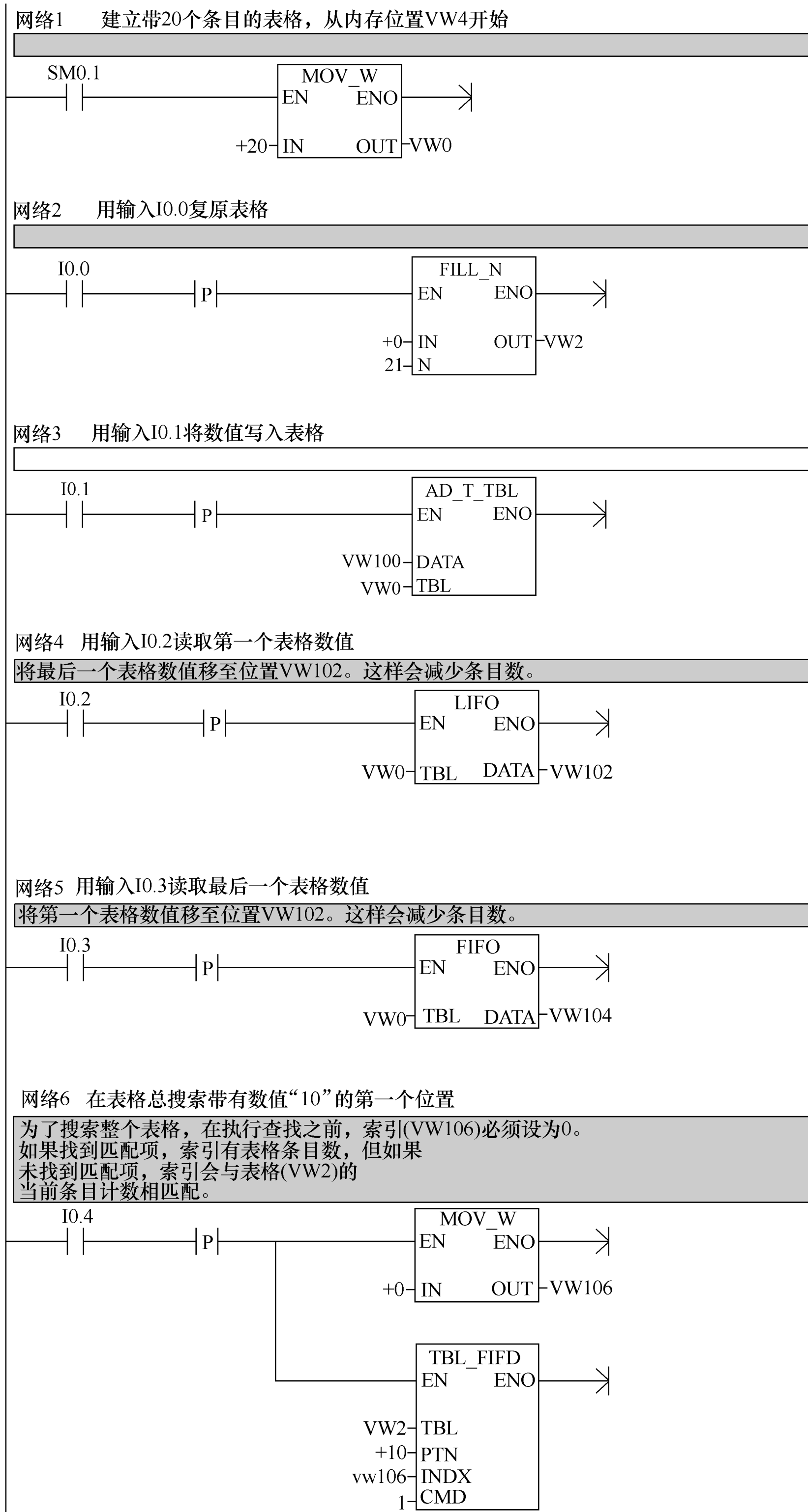


图 4-18 表指令应用例举的主程序和解释

图 4-18 所示为表指令应用例举的主程序和解释。

4.2　数据指令应用案例：自动分装控制

1. 自动封装控制概述

自动分装控制系统一般适用于五金、塑料、食品等行业中形状较规则、尺寸较小的产品（如球形、圆柱形，直径或长度小于 50mm）的自动计数包装。它一般具有以下功能特点：

1）自动完成物料提升、排列整理、计数、重量校验、制袋、充填、封口、计数、成品包输出。

2）PLC 控制，能进行数字设定，故障报警。

3）根据物料性质、制袋形式、包装规格、产量等要求的不同，配置灵活设备。

图 4-19 所示为一典型的自动分装控制生产线，它是由送料带和包装输送带组成。

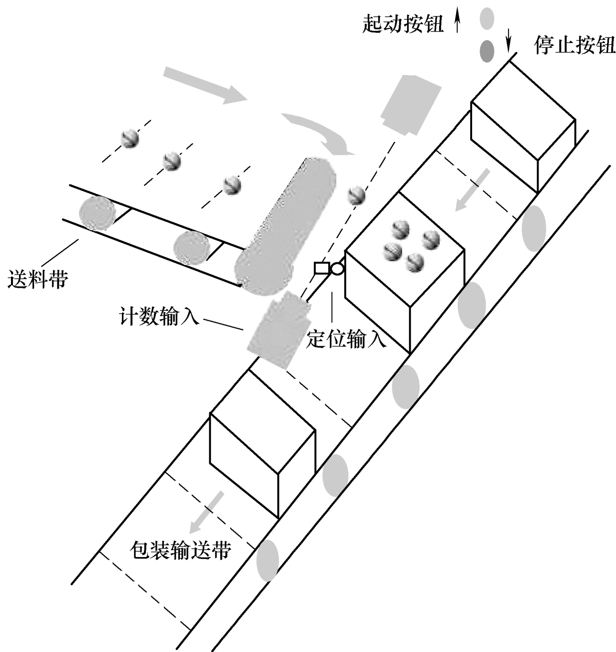


图 4-19　自动分装控制生产线

图 4-19 所示的自动分装控制，其动作要求如下：①启动按钮一启动或系统一开机，包装输送带启动，并到达定位输入点并停止；②定位停止，送料带启动，经计数光电开关进行计数；③根据小/大包装选择开关，确定计数数量，当计数数量达到包装要求时，送料带停止，包装输送带启动，继续下一次计数分装；④停止按钮可以停机。

2. 自动封装控制的硬件接线

自动分装控制的硬件接线如图 4-20 所示。

I/O 资源分配见表 4-2。

3. 自动分装控制的软件编程

自动分装控制的软件编程可以参考图 4-21 所示的自动分装控制主程序进行，其中数据指令主要用到了 MOV_W 指令，用于选择不同的分装数量送至计数器。

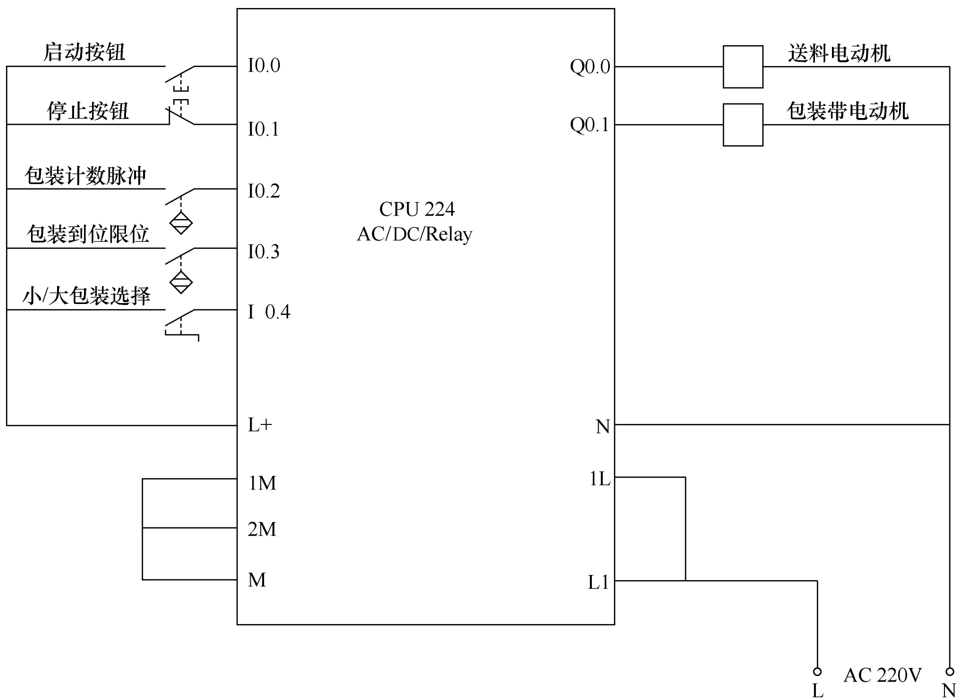


图 4-20　自动分装控制的硬件接线

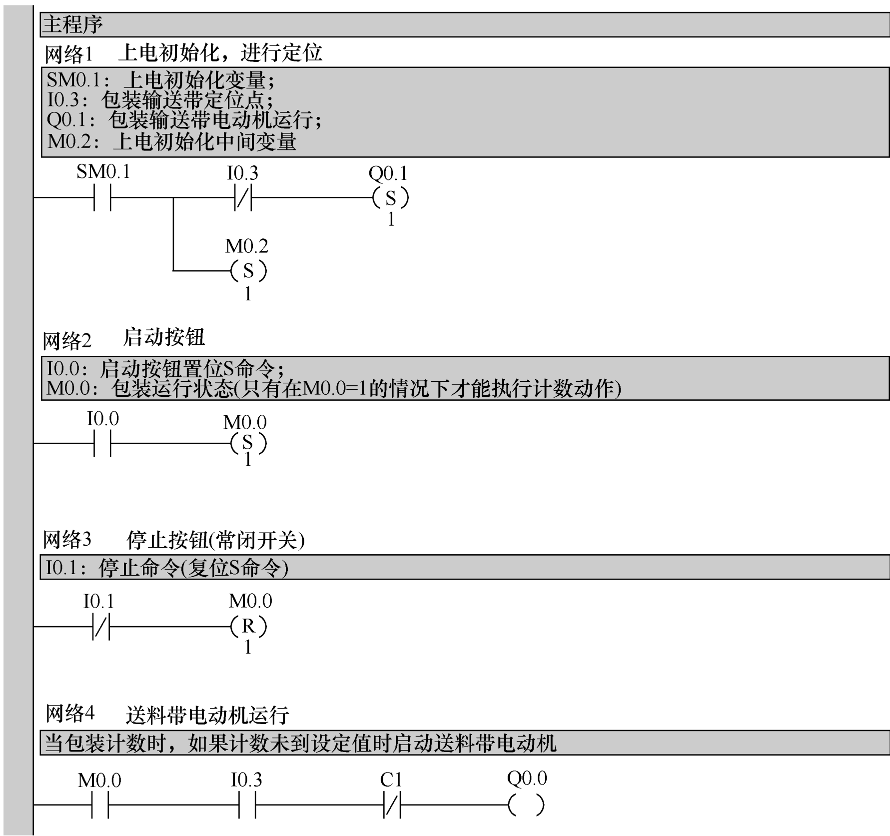
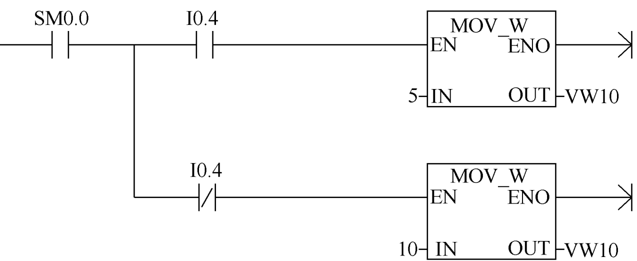


图 4-21　自动分装控制主程序

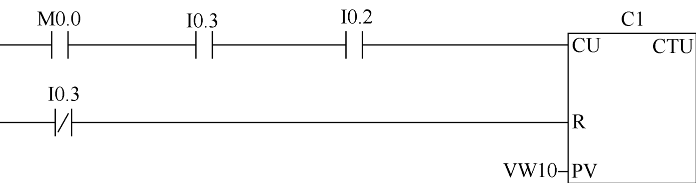
网络5　包装计数设置

当I0.4=0N时，VW10=5(小包装计数)；反之为VW10=10(大包装计数)



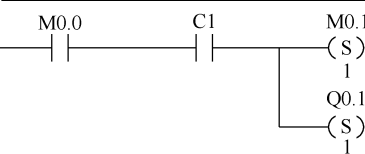
网络6　包装计数

I0.2：包装计数脉冲；
R:当包装带离开计数位置时即复位



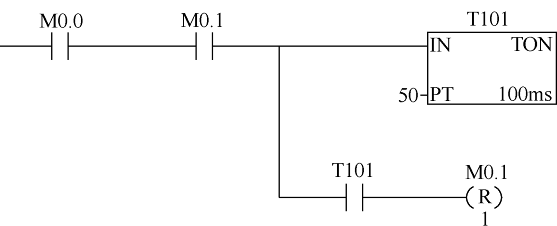
网路7　包装带电动机置位

当计数达到时，即进行包装带电动机置位(Q0.1)



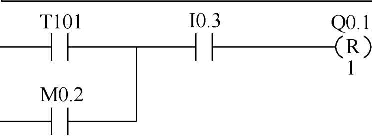
网络8　延时5s

为确保不发生误动作，包装带电动机至少运行T101才离开计数位置



网络9　包装带电动机复位

当计数完成后，包装袋电动机启动并延时T101后达到新的计数点，或上电初始化时达到新的计数位置时进行复位



网络10　初始化变量M0.2复位

上电初始化时达到新的计数位置时进行复位

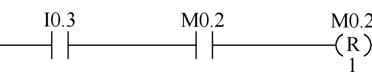


图 4-21　（续）

表 4-2　I/O 资源分配

输　　入	名　　称	输　　出	名　　称
I0.0	启动按钮（NO）	Q0.0	送料带电动机
I0.1	停止命令（NC）	Q0.1	包装输送带电动机运行
I0.2	包装计数脉冲，即光电开关信号		
I0.3	包装输送带电动机定位点		
I0.4	小包装计数 ON/大包装计数 OFF		

4.3　数据块操作

1. 数据块的操作

（1）数据块的访问

使用下列一种方法访问数据块：

1）点击浏览条上的“数据块”按钮；

2）选择菜单命令查看（V）→数据块（D）；

3）打开指令树中的“数据块”文件夹，然后双击某页图标。

（2）数据块的赋值

通过插入新数据块页标签，将数据块 V 存储区赋值分成多个功能组：

1）点击数据块窗口，然后选择菜单命令编辑（E）→插入（I）→数据块（D）；

2）在指令树中，用鼠标右键点击数据块页图标，然后在弹出菜单中选择插入（I）→数据块（D）；

3）用鼠标右键点击数据块窗口，然后在弹出菜单中选择插入（I）→数据块（D）；

4）标签的最大数目为 128。如果使用向导，有关标签会被自动创建以支持向导功能。可以创建的标签的最大数目为（128-由 STEP7-Micro/WIN 自动创建的标签数目）。请使用 Windows 剪贴板合并标签数据，方法为使用剪切和粘贴由一个标签转移到另一个，然后删除空的标签。

（3）重命名和保护数据块页标签

重命名和保护数据块页标签有以下途径：

1）在指令树中，用鼠标右键点击数据块页图标，然后在弹出菜单中选择重命名。也可以在指令树内直接重命名数据块页，方法为点击该标签页名称两次（动作要慢一些，以免解释成双击）；然后编辑该标签名。数据块编辑器提供相同的重命名功能，方法为用鼠标右键直接点击该标签名。

2）在指令树中，用鼠标右键点击数据块页图标，然后在弹出菜单中选择属性。由此，可以重命名该数据块标签和指定作者。属性对话框的保护标签使您能够用密码保护单个数据块标签。受保护的标签会显示锁图标。数据块编辑器提供相同的保护功能，方法为用鼠标右键直接点击该标签名。

3）向导会创建不能重命名且包含只读数据值的受保护标签。

2. 数据块与 ASCII 文件的转换

（1）数据块导出到 ASCII 文件

用下列方法之一导出项目组件（数据块可以参照执行）：

1）用鼠标点击“主程序”、“子程序”、“中断”或“数据块”窗口内部，将焦点集中到该窗口；然后执行文件（File）→导出（Export）菜单命令。

2）用鼠标右键点击指令树中的“程序块”文件夹，然后选择弹出菜单命令导出（Export）。每个 POU 图标和数据块文件夹亦有用鼠标右键点击的导出命令。

3）将光标置于 POU 或数据块标签上，然后用鼠标右键点击打开弹出菜单。由弹出菜单中选择导出命令，以导出整个项目组件。

方法 2）和 3）可以参考图 4-22 所示的数据块导出。



图 4-22　数据块导出

（2）ASCII 文件导入到数据块

如果导入一个数据块，现有数据块会被删除，然后新数据块将使用 ASCII 文本文件中的标签结构加以创建。

3. 数据块一般规则

常见的数据块有以下几种：

（1）直接地址与数据（见图 4-23）

（2）符号地址和符号数值（见图 4-24）

4. 数据块的修正

一旦在包含错误的行尾按 ENTER 键，立即会在数据块左页边显示输入错误（见图 4-25）。用户必须纠正全部输入错误，才能成功地编译。

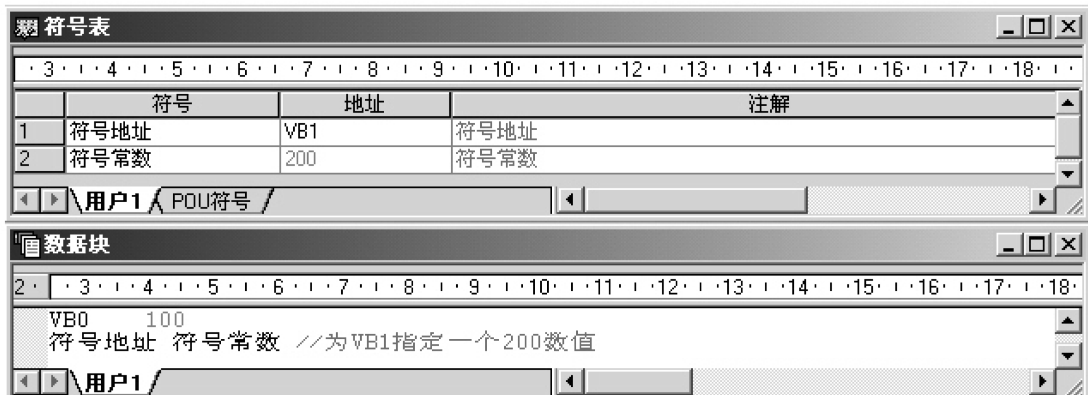
引起输入错误的原因包括：

1）指定了错误的存储区（V 是唯一允许使用的存储区）；

2）在地址赋值中指定了某一存储区尺寸（字节或字），但数据值实际要求更大的尺寸（例如，数据值 256 过大，无法在 VB 地址中存储）；



图 4-23　直接地址与数据



一种备选的二进制数据输入方法（上窗口），和编辑器合成后的二进制数据格式（下窗口）



图 4-24　符号地址和符号数值

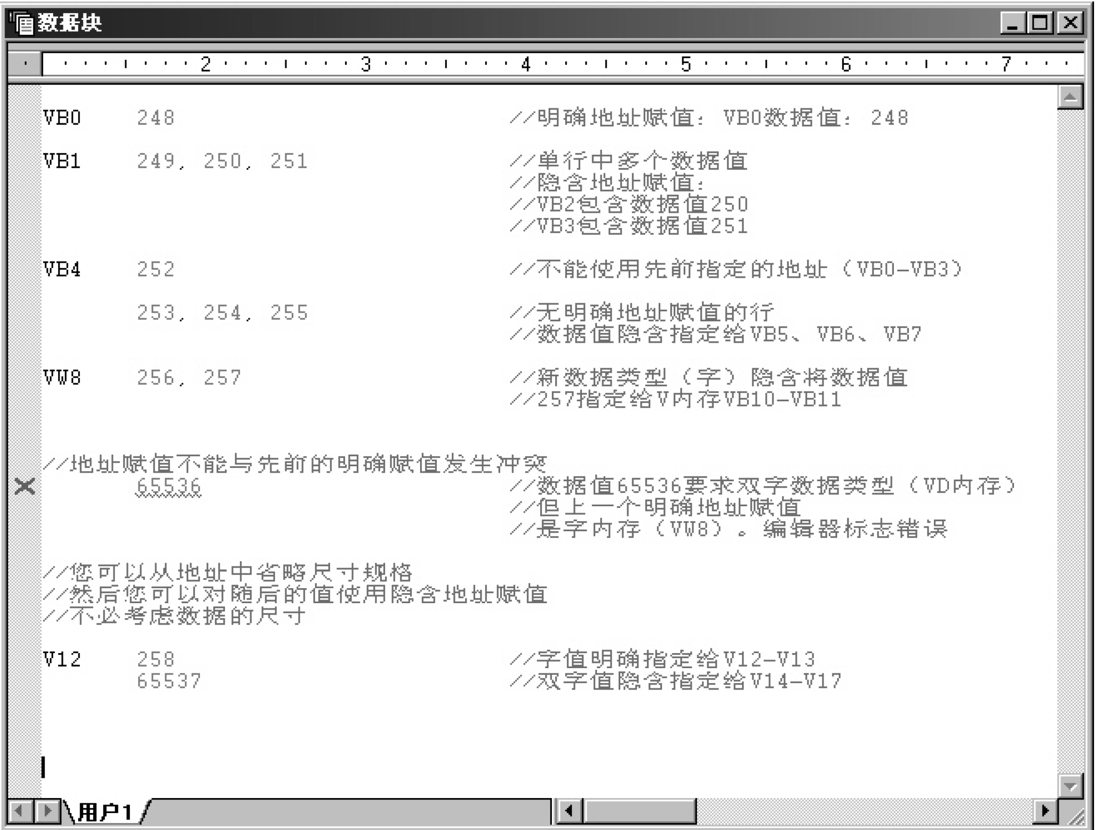


图 4-25　错误的数据块

3）在一行中输入了错误的顺序：在数据值之后（而不是在数据值之前）键入存储区地址；

4）使用非法语法或无效数值；

5）尝试使用符号，而不是使用绝对 V 存储区地址（数据块中不允许使用符号）；

6）未能适当地指定注释（双前斜线必须位于注释之前：//注释样本）。

如果数据块是激活窗口，可以使用菜单命令 PLC→编译数据块。如果数据块不是激活窗口，依然可以编译数据块：使用菜单命令 PLC→全部编译。编译数据块时，如果编译程序发现错误，会在“输出窗口”显示错误。将光标置于“输出窗口”中的错误信息上，双击该信息，在数据块窗口中显示出错行。

4.4　数据块应用：TD200 文本显示与仿真

1. TD200 简介

中文文本液晶显示屏 TD200 是 SIEMENS 公司推出的文本编辑显示设备，具有人体工程学设计的输入键，操作简便，不易出错；内置国际汉字库；背光 LCD 显示；不需额外电源；具有人工设置数字输入，便于现场修改。

TD200 是一个小巧紧凑的显示设备，配备有与 S7-200CPU 连接所需的全部部件，图 4-26

所示为 TD200 的主要部件。

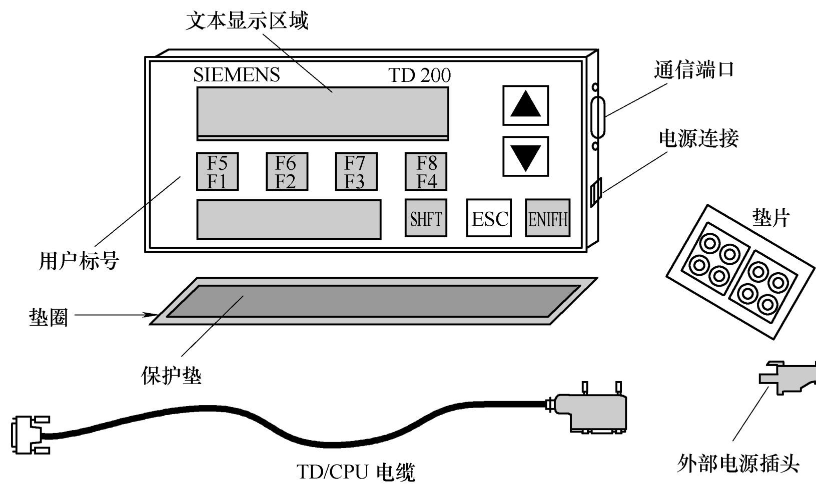


图 4-26　TD200 的主要部件

简要说明：

1）文本显示区域：文本显示区域为一个背光液晶显示（LCD），可显示两行信息，每行 20 个字符或 10 个汉字。它使你可以看到从 S7-200 接收来的信息及指令给 S7-200 的命令。

2）通信端口 TD/CPU 电缆：通信端口是一个 9 针 D 型连接器，通过 TD/CPU 电缆把 TD200 连接到 S7-200 CPU。

3）按键：TD200 有 9 个键。其中有 5 个键提供预定义的上、下文有关的命令键（见表 4-3），4 个自定义的功能键（见表 4-4）。

表 4-3　命令键说明

命令键	说　　明
ENTER	用此键写入新数据和确认信息
ESC	用此键转换 Display Message 方式和 Menu 方式，或紧急停止一个编辑
UP ARROW	UP 箭头用于递增数据和上卷光标到下一个更高优先级的信息
DOWN ARROW	DOWN 箭头用于递减数据和卷动光标到下一个较低优先级的信息
SHIFT	SHIFT 键转换所有功能键的数值，当按 SHIFT 键时，在 TD 200 显示区的右下方显示一个闪烁的 S

表 4-4　功能键说明

功能键	说　　明
F1	功能键 F1 设置标志位 Mx. 0 如果按 SHIFT 键的同时（或预先按下 SHIFT 键）按下功能键 F1，则 F1 设置标志位 Mx. 4
F2	功能键 F2 设置标志位 Mx. 1 如果按 SHIFT 键的同时（或预先按下 SHIFT 键）按下功能键 F2，则 F2 设置标志位 Mx. 5
F3	功能键 F3 设置标志位 Mx. 2 如果按 SHIFT 键的同时（或预先按下 SHIFT 键）按下功能键 F3，则 F3 设置标志位 Mx. 6
F4	功能键 F4 设置标志位 Mx. 3 如果按 SHIFT 键的同时（或预先按下 SHIFT 键）按下功能键 F4，则 F4 设置标志位 Mx. 7

2. TD200 与 S7-200 的连接

TD200 与 S7-200 的连接方式可以采用一对一的方式（见图 4-27），也可以采用一对多的方式，在这里只介绍一对一的方式。

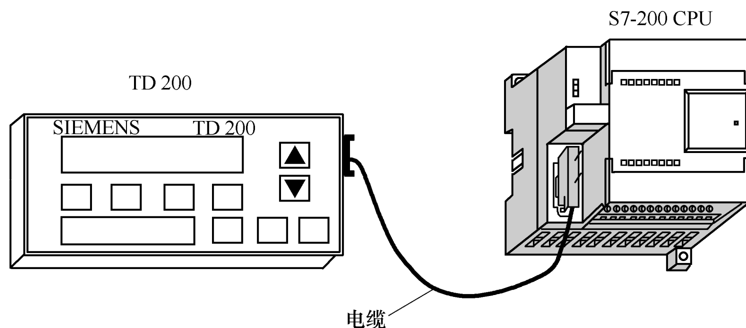


图 4-27　TD200 与 S7-200 的一对一连接方式

采用 TD200 文本显示器，可以采用图 4-28 所示的文本显示向导，也可以以直接建立数据块的方式进行，需要注意的是数据块的标识是“TD”。



图 4-28　TD200 文本显示向导

3. 利用仿真软件来模拟 TD200 与 S7-200 的连接

现要求：设计一 PLC 程序，读出模拟电位器 0 的当前值，并在 TD200 文本显示器中显示出来。

首先在 S7-200 编程软件中，建立一个梯形图文件，如图 4-29 所示。

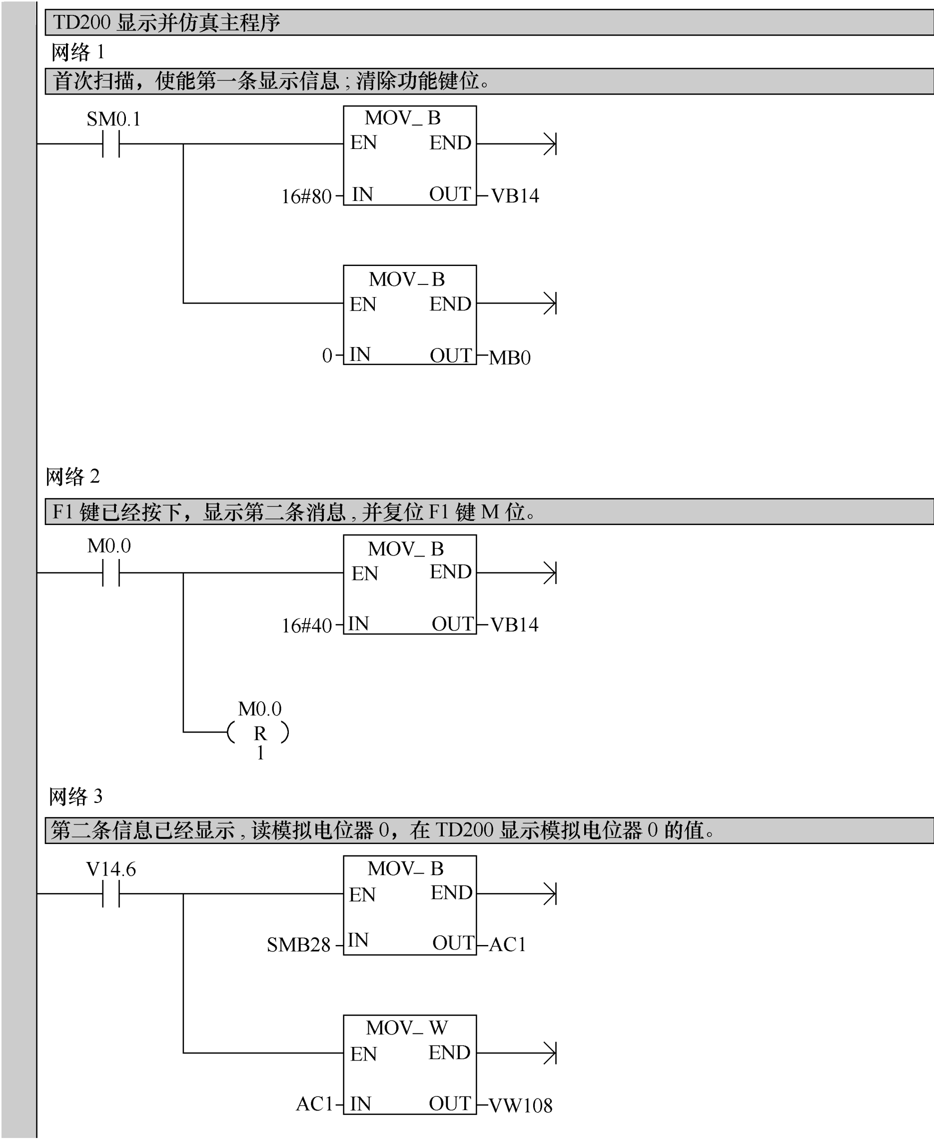


图 4-29　梯形图文件

同时根据 TD200 的数据块属性编辑数据块，如图 4-30 所示，并按照仿真软件的要求导出为 txt 文件（见图 4-31）。

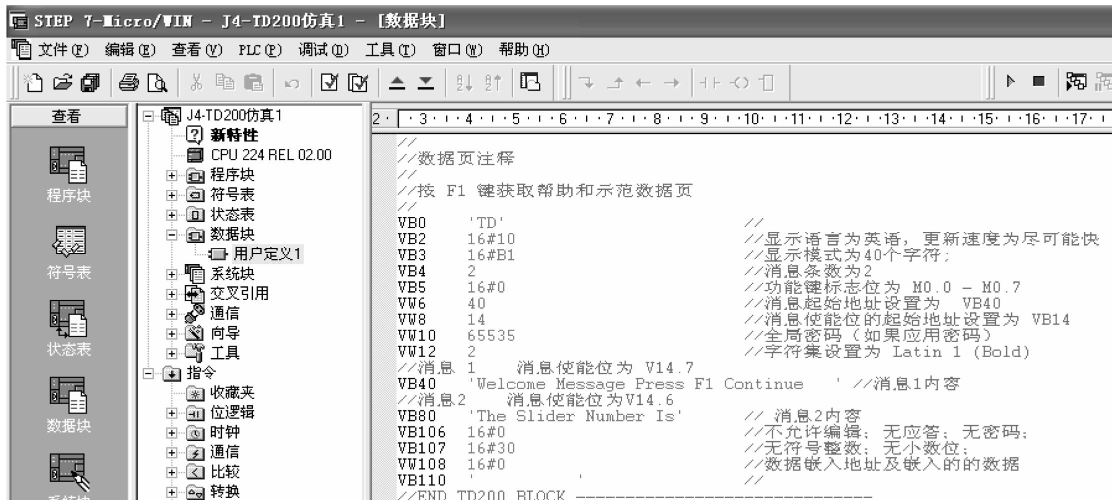


图 4-30　编辑数据块

```
DATA_BLOCK_TAB 用户定义 1
//
BEGIN
//
//数据页注释
//
//按 F1 键获取帮助和示范数据页
//
VB0   ’ TD’                                //
VB2   16#10                                //显示语言为英语，更新速度为尽可能快
VB3   16#B1                                //显示模式为 40 个字符
VB4   2                                    //消息条数为 2
VB5   16#0                                 //功能键标志位为 M0.0 – M0.7
VW6   40                                   //消息起始地址设置为 VB40
VW8   14                                   //消息使能位的起始地址设置为 VB14
VW10 65535                                 //全局密码（如果应用密码）
VW12 2                                     //字符集设置为 Latin 1（Bold）
//消息 1        消息使能位为 V14.7
VB40  ’ Welcome Message Press F1 Continue’ //消息 1 内容
//消息 2        消息使能位为 V14.6
VB80  ’ The Slider Number Is’              //消息 2 内容
VB10616   #0                               //不允许编辑；无应答；无密码
VB10716   #30                              //无符号整数；无小数位
VW10816   #0                               //数据嵌入地址及嵌入的数据
VB110’                                     ’ //
//END TD200_BLOCK-----------------------------
END_DATA_BLOCK_TAB
```

图 4-31　数据块文件

根据 S7-200 仿真软件的要求，再进行导出 awl 文件，程序装载和数据块粘贴，然后进行以下步骤：

1）点击工具栏中的按钮，就可以调出人机接口 TD200 的仿真界面，如图 4-32 所示。

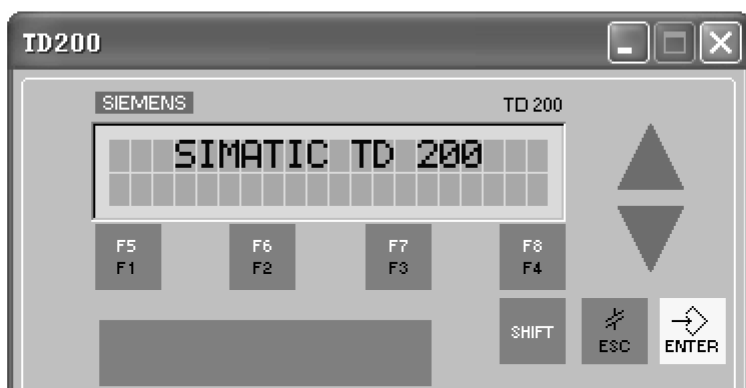


图 4-32　TD200 仿真界面

2）程序运行后，在 TD200 上首先显示欢迎信息 “Welcome Message Press F1 Continue”，如图 4-33 所示。



图 4-33　程序运行截图 1

3）按下 F1 键后，显示信息 “The Slider Number Is 0”，如图 4-34 所示。

4）移动模拟电位器 0 的滑动块，可以观察到 TD200 上显示的数值随滑动块的移动而变化，且和仿真软件界面上显示的数值一致，如图 4-35 所示。

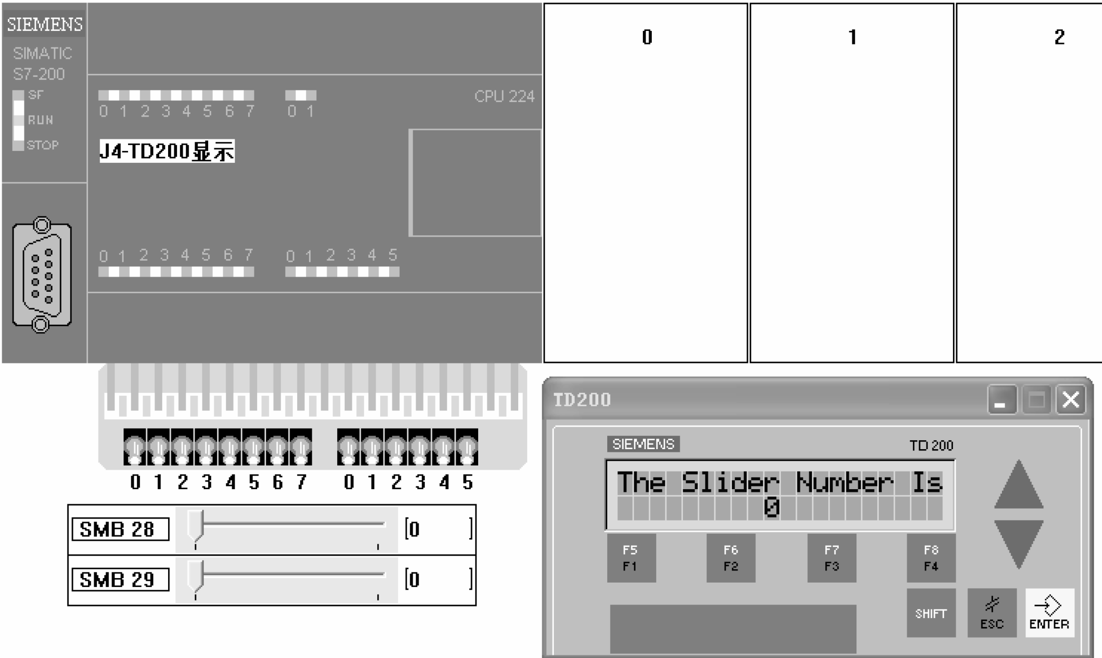


图 4-34　程序运行截图 2

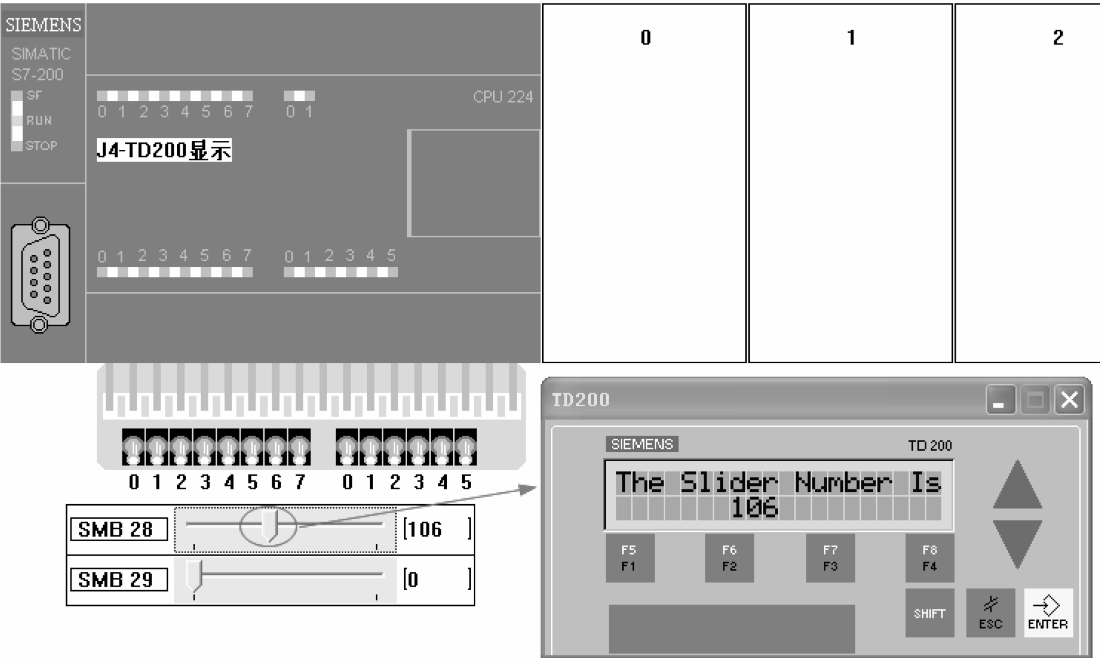


图 4-35　程序运行截图 3

第 5 讲　子程序与 CALL 指令

导读

子程序可以帮助用户对程序进行分块。主程序中使用的指令决定具体子程序的执行状况。当主程序调用子程序并执行时，子程序执行全部指令直至结束。然后，系统将控制返回至调用子程序网络中的主程序。子程序用于为程序分段和分块，使其成为较小的、更易管理的块。在程序中调试和维护时，用户可以利用这项优势。通过使用较小的程序块，对这些区域和整个程序简单地进行调试和排除故障。

5.1　子程序概念与 CALL 指令

1. 子程序的定义

子程序可以帮助用户对程序进行分块。主程序中使用的指令决定具体子程序的执行状况。当主程序调用子程序并执行时，子程序执行全部指令直至结束。然后，系统将控制返回至调用子程序网络中的主程序。

子程序用于为程序分段和分块，使其成为较小的、更易管理的块。在程序中调试和维护时，用户可以利用这项优势。通过使用较小的程序块，对这些区域和整个程序简单地进行调试和排除故障。只在需要时才调用程序块，可以更有效地使用 PLC，因为所有的程序块可能无须执行每次扫描。

最后，如果子程序仅引用参数和局部内存，则可移动子程序。为了移动子程序，应避免使用任何全局变量/符号（I、Q、M、SM、AI、AQ、V、T、C、S、AC 内存中的绝对地址）。如果子程序无调用参数（IN、OUT 或 IN_OUT）或仅在 L 内存中使用局部变量，用户就可以导出子程序并将其导入另一个项目。

2. 子程序的建立

欲在程序中使用子程序，必须执行下列三项操作：

1）建立子程序；

2）在子程序局部变量表中定义参数（如果有）；

3）从适当的 POU（从主程序或另一个子程序）调用子程序。

当子程序被调用时，整个逻辑堆栈被保存，堆栈顶端被设为 1，所有其他堆栈位置被设为零，控制被传送至调用子程序。当该子程序完成时，堆栈恢复为在调用点时保留的数值，控制返回调用子程序。

子程序和调用子程序共用累加器。由于子程序的使用，对累加器不执行保存或恢复操作。

3. 子程序 CALL 指令

西门子 S7-200 为了解决主程序语句过多的问题，通常可以采用“调用子程序（CALL）

指令”将控制转换给子程序（SBR_n）。用户可以使用带参数或不带参数的“调用子程序”指令。如图 5-1 所示为 CALL 语句。

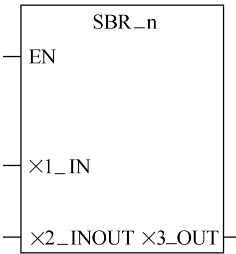


图 5-1　CALL 语句

在子程序执行完成后，控制返回至“调用子程序”之后的指令。每个子程序调用的输入/输出参数最大限制为 16。如果下载的程序超过此限制，则会返回错误信息。用户可以为子程序指定一个符号名，例如 USR_NAME，该符号名会出现在指令树的“子程序”文件夹中。

将参数值指定给子程序中的局部内存时应遵循以下几点：

1）参数值指定给局部内存的顺序由 CALL 指定，参数从 Lx. 0 开始；

2）1 ~8 个连续位参数值被指定给从 Lx. 0 开始持续至 Lx. 7 的单字节；

3）字节、字和双字数值被指定给局部内存，位于字节边界（LBx、LWx 或 LDx）位置；

4）在带参数的“调用子程序”指令中，参数必须与子程序局部变量表中定义的变量完全匹配；

5）参数顺序必须以输入参数开始，其次是输入/输出参数，然后是输出参数。

4. CALL 调用示例

需要注意的是，在西门子 S7-200 程序中，不使用 RET 指令终止子程序，也不得在子程序中使用 END（结束）指令。

图 5-2 所示为子程序的调用，其中箭头所指语句不用编程，由 STEP7-Micro/WIN 自动处理。

图 5-3 所示为子程序调用示例。

用于 SBR_0 的局部变量表。

可以调用参数类型见表 5-1。

表 5-1　可以调用的参数类型

调用参数类型	说　明
IN	参数被交接至子程序。如果参数是直接地址（例如 VB10），在指定位置的数值被交接至子程序。如果参数是间接地址，（例如 * AC1），位于指向位置的数值被交接至子程序。如果参数是数据常数（16#1234）或地址（&VB100），常数或地址数值被交接至子程序
IN_OUT	位于指定参数位置的数值被交接至子程序，来自子程序的结果数值被返回至相同的位置。输入/输出参数不允许使用常数（例如 16#1234）和地址（例如 &VB100）
OUT	来自子程序的结果数值被返回至指定的参数位置。常数（例如 16#1234）和地址（例如 &VB100）不允许用作输出
TEMP	未用作交接参数的任何本地内存不得用于子程序中的临时存储

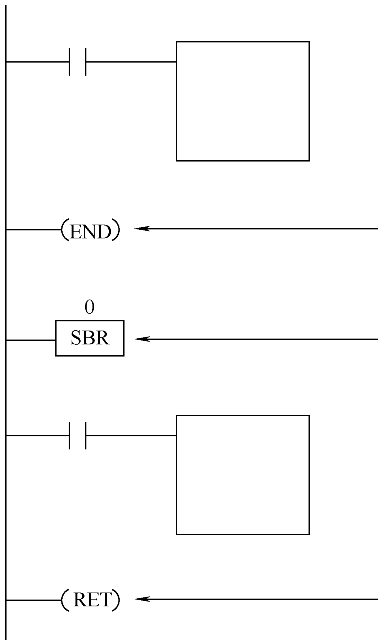
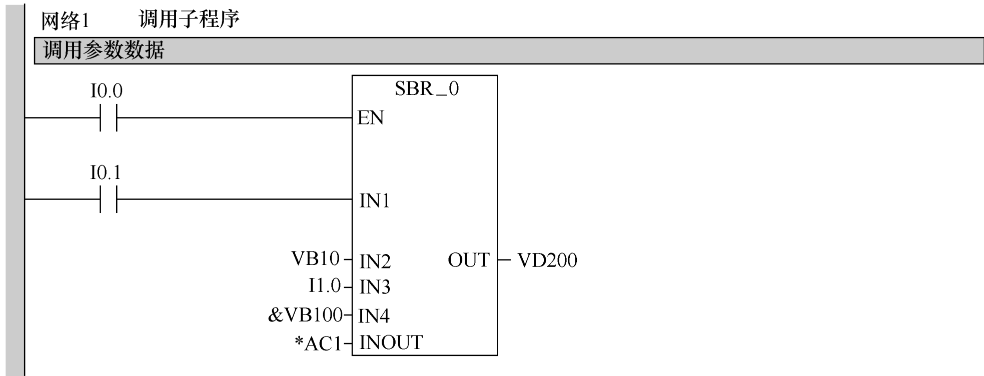


图 5-2　子程序的调用

	符号	变量类型	数据类型	注释
	EN	IN	BOOL	
L0.0	IN1	IN	BOOL	
LB1	IN2	IN	BYTE	
L2.0	IN3	IN	BOOL	
LD3	IN4	IN	DWOBD	
LD7	INOUT	IN_OUT	BFAI	
LD11	OUT	OUT	REAL	
		TEMP		

a)



b)

图 5-3　子程序调用示例
a）变量定义　b）主程序

5.2　子程序应用案例：简易机械手控制

1. 简易机械手概述

简易机械手的工作示意图如图 5-4 所示，运动示意图如图 5-5 所示。

机械手将工件从 A 点向 B 点传送。机械手的上升、下降与左行、右行都是由双线圈两位电磁阀驱动气缸来实现的。抓手对工件的松夹是由一个单线圈两位电磁阀驱动气缸完成，只有在电磁阀通电时抓手才能夹紧。该机械手工作原点在左上方，按下降、夹紧、上升、右行、下降、松开、上升、左行的顺序依次运动。它有手动、单步、一个周期和连续工作（自动）四种操作方式。

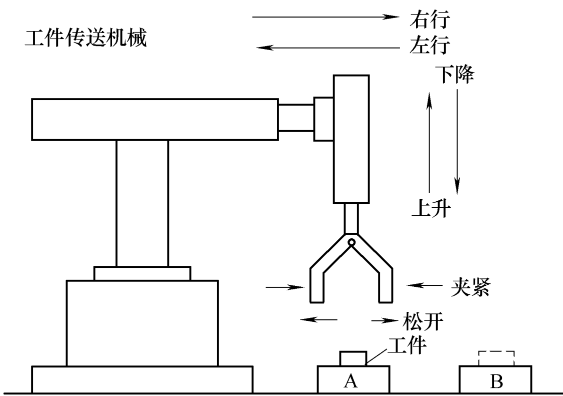


图 5-4　简易机械手的工作示意图

简易机械手的操作面板如图 5-6 所示。工作方式选样开关分四挡与四种方式对应。上升、下降、左行、右行、松开、夹紧几个步序一目了然。

下面就操作面板上标明的几种工作方式说明如下：

手动方式：用各自的按钮使各个负载单独接通或断开。

回原点：按下此按钮，机械手自动回到原点。

单步运行：按动一次启动按钮，前进一个工步。

单周期运行（半自动）：在原点位置按动启动按钮，自动运行一遍后回到原点停止。若在中途按动停止按钮，则停止运行；再按启动按钮，从断点处继续运行，回到原点处自动停止。

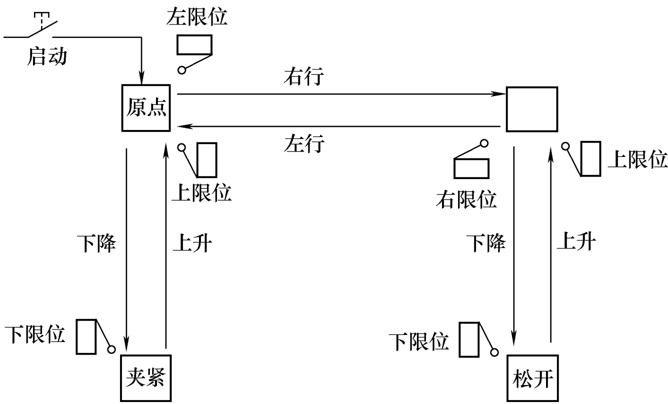


图 5-5　运动示意图

连续运行（全自动）：在原点位置按动启动按钮，连续反复运行。若在中途按动停止按钮，运行到原点后停止。

面板上的启动和急停按钮与 PLC 运行程序无关。这两个按钮是用来接通和断开 PLC 外部负载的电源。

2. I/O 资源定义

简易机械手的 I/O 资源定义见表 5-2，在本案例中输入部分未采用 I 变量，而是采用 M 变量，以方便读者或用户在实际设计中进行移植。

3. 程序设计

(1) 建立符号表

本程序共包括 USR1 符号和 POU 符号两个符号表，分别定义变量名称和子程序名称，具体如图 5-7 和图 5-8 所示。

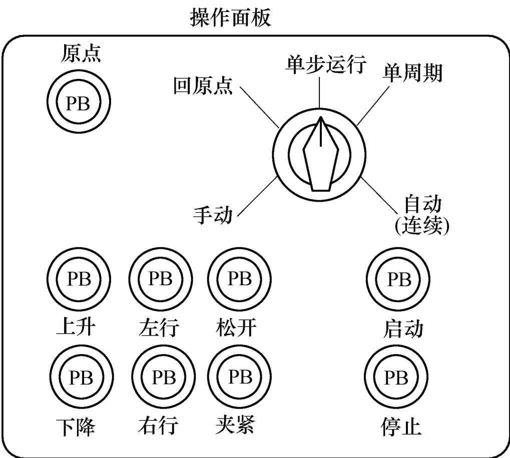


图 5-6　简易机械手的操作面板

表 5-2　简易机械手的 I/O 资源定义

序号	变量含义	变量地址	序号	变量含义	变量地址
1	下限位	M10. 1	10	夹紧按钮	M11. 2
2	上限位	M10. 2	11	手动方式	M12. 0
3	右限位	M10. 3	12	回原点方式	M12. 1
4	左限位	M10. 4	13	单步方式	M12. 2
5	上升按钮	M10. 5	14	单周期方式	M12. 3
6	左行按钮	M10. 6	15	连续方式	M12. 4
7	松开按钮	M10. 7	16	起动按钮	M12. 6
8	下行按钮	M11. 0	17	停止按钮	M12. 7
9	右行按钮	M11. 1	18	下降阀	Q0. 0

（续）

序号	变量含义	变量地址	序号	变量含义	变量地址
19	夹紧阀	Q0.1	23	初始步	M0.0
20	上升阀	Q0.2	24	原点条件	M0.5
21	右行阀	Q0.3	25	转换允许	M0.6
22	左行阀	Q0.4	26	连续标志	M0.7

机械手控制FINAL1 (C:\P
新特性
CPU 224 REL 01.21
程序块
符号表
USR1
POU符号
状态表
数据块
系统块
交叉引用
通信
向导
工具
指令

			符号	地址
1			下限位	M10.1
2			上限位	M10.2
3			右限位	M10.3
4			左限位	M10.4
5			上升按钮	M10.5
6			左行按钮	M10.6
7			松开按钮	M10.7
8			下行按钮	M11.0
9			右行按钮	M11.1
10			夹紧按钮	M11.2
11			手动方式	M12.0
12			回原点方式	M12.1
13			单步方式	M12.2
14			单周期方式	M12.3
15			连续方式	M12.4
16			起动按钮	M12.6
17			停止按钮	M12.7
18			下降阀	Q0.0
19			夹紧阀	Q0.1
20			上升阀	Q0.2
21			右行阀	Q0.3
22			左行阀	Q0.4
23			初始步	M0.0
24			原点条件	M0.5
25			转换允许	M0.6
26			连续标志	M0.7

图 5-7　建立 USR1 符号

机械手控制FINAL1 (C:\P
新特性
CPU 224 REL 01.21
程序块
符号表
USR1
POU符号

·3· ·4· ·5· ·6· ·7· ·8· ·9· ·10· ·11· ·12· ·13·

			符号	地址	注释
1			公用程序	SBR0	公用程序
2			手动程序	SBR1	手动程序
3			回原点程序	SBR2	回原点程序
4			自动程序	SBR3	自动程序
5			INT_0	INT0	中断例行程序注释
6			MAIN	OB1	主程序

图 5-8　建立 POU 符号

（2）程序

本案例程序块结构如图 5-9 所示，包括主程序（MAIN），还有 4 个子程序，分别是公用程序、手动程序、回原点程序和自动程序。

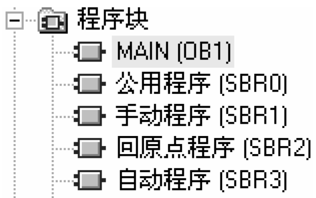


图 5-9　程序块结构

主程序

主程序简明扼要，主要是调用不同的 4 个子程序，这样可以明显减少扫描时间，也方便程序的阅读，具体如图 5-10 所示。



图 5-10　主程序

公用程序

公用程序如图 5-11 所示，它包括原点条件、初始步的置位与复位、手动和回原点方式时复位自动程序的非初始步、退出原点方式时复位回原点的步、退出连续方式时复位连续标志。

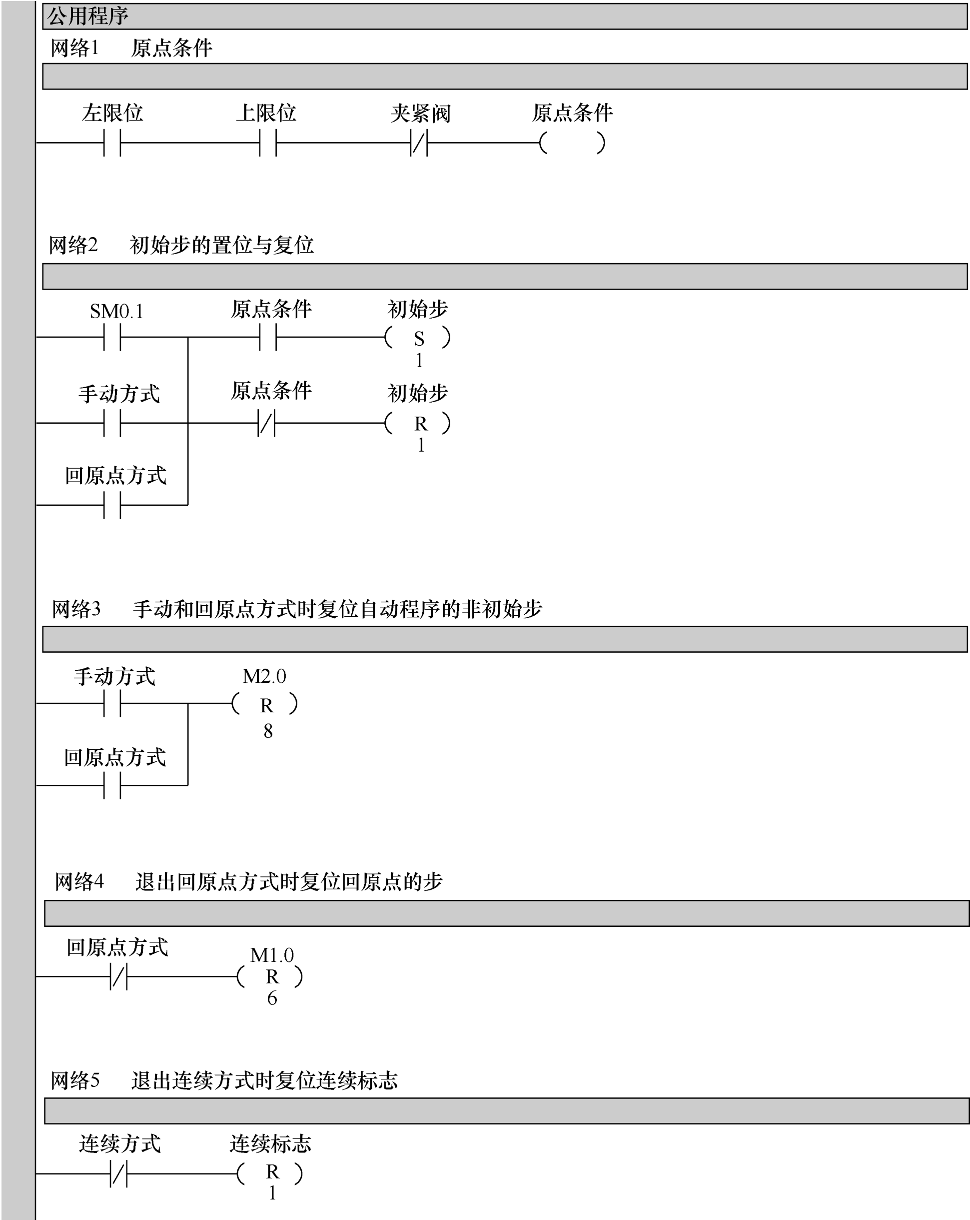


图 5-11　公用程序

手动程序

手动程序如图 5-12 所示。手动方式的夹紧、松开、上升、下降、左移、右移是由相应的按钮来完成的。

回原点程序

回原点程序如图 5-13 所示。

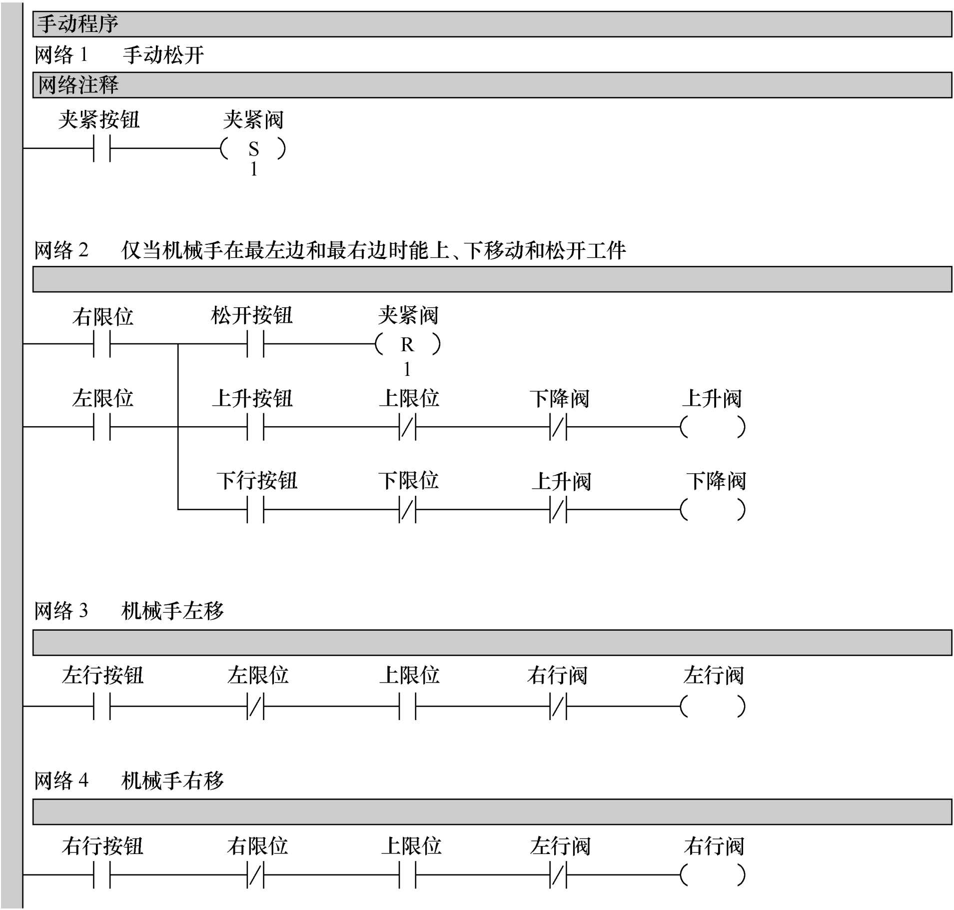


图 5-12　手动程序

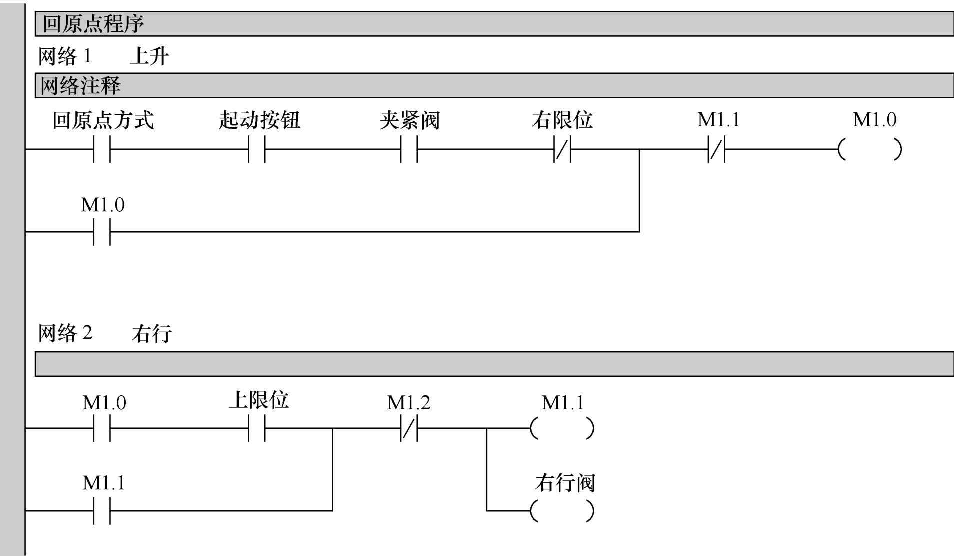


图 5-13　回原点程序

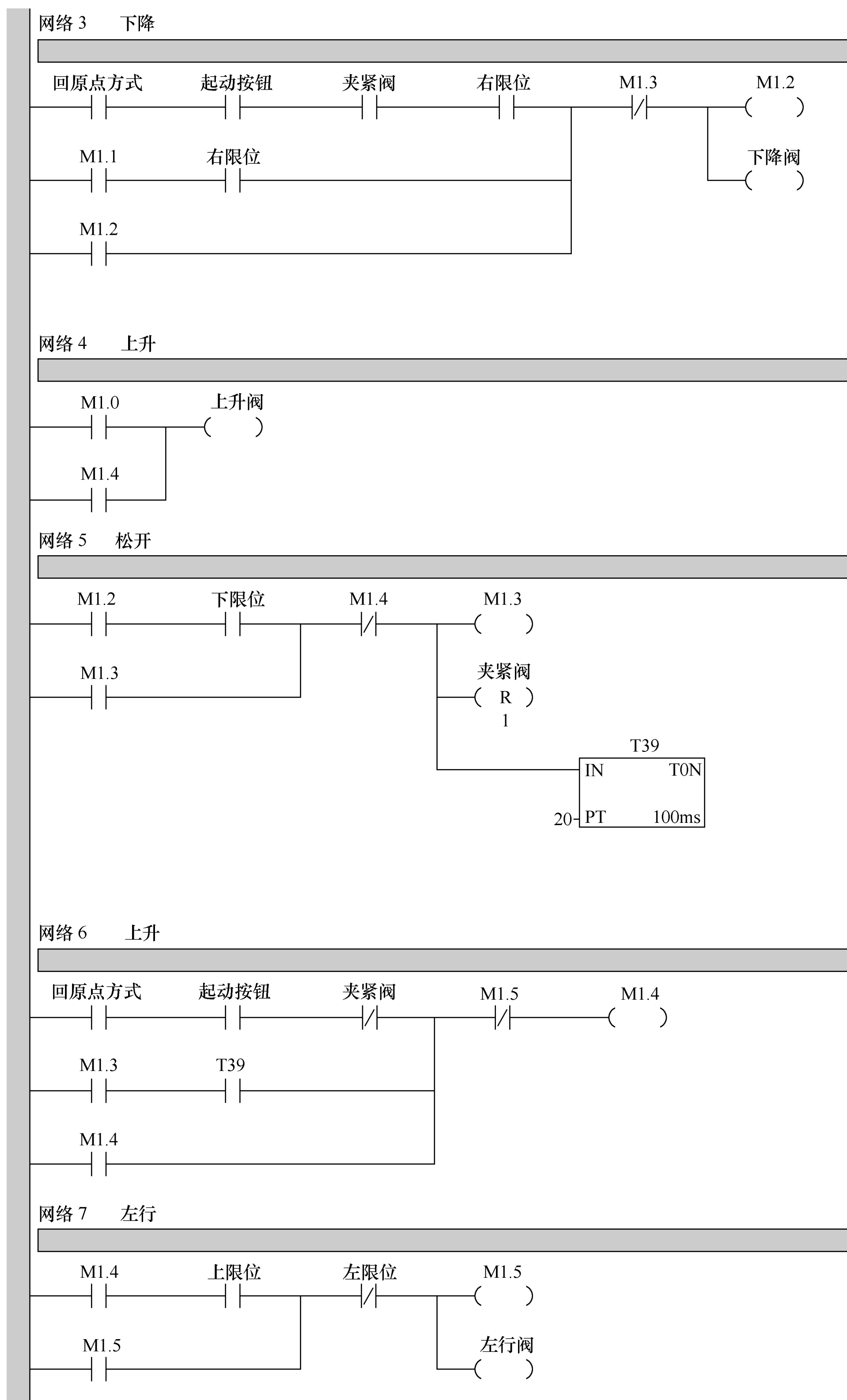

网络 3 下降
回原点方式
起动按钮
夹紧阀
右限位
M1.3
M1.2
M1.1
右限位
下降阀
M1.2
网络 4 上升
M1.0
上升阀
M1.4
网络 5 松开
M1.2
下限位
M1.4
M1.3
M1.3
夹紧阀
R
1
T39
IN
TON
20
PT
100ms
网络 6 上升
回原点方式
起动按钮
夹紧阀
M1.5
M1.4
M1.3
T39
M1.4
网络 7 左行
M1.4
上限位
左限位
M1.5
M1.5
左行阀

图 5-13 （续）

自动程序

自动程序如图 5-14 所示。

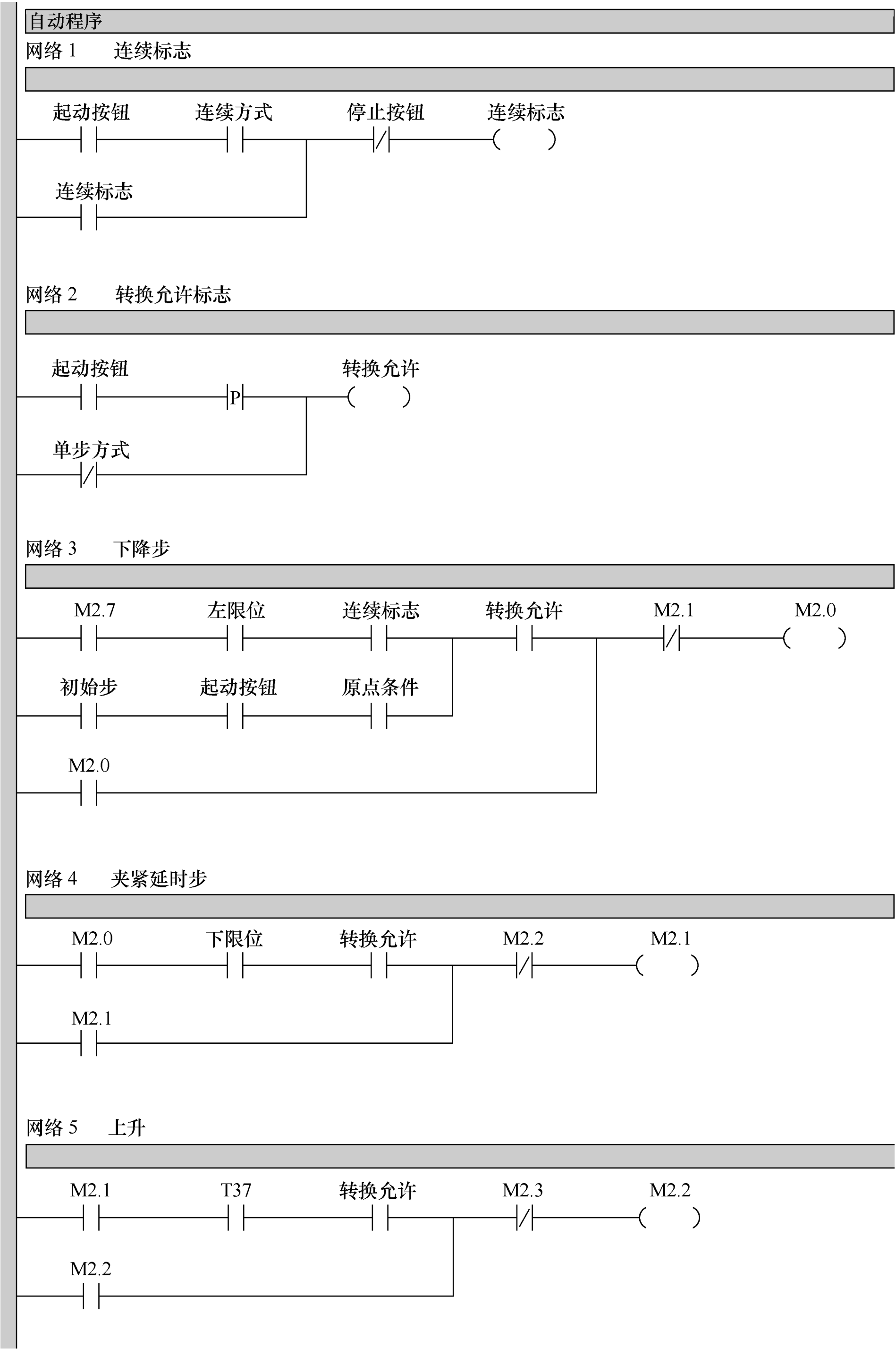
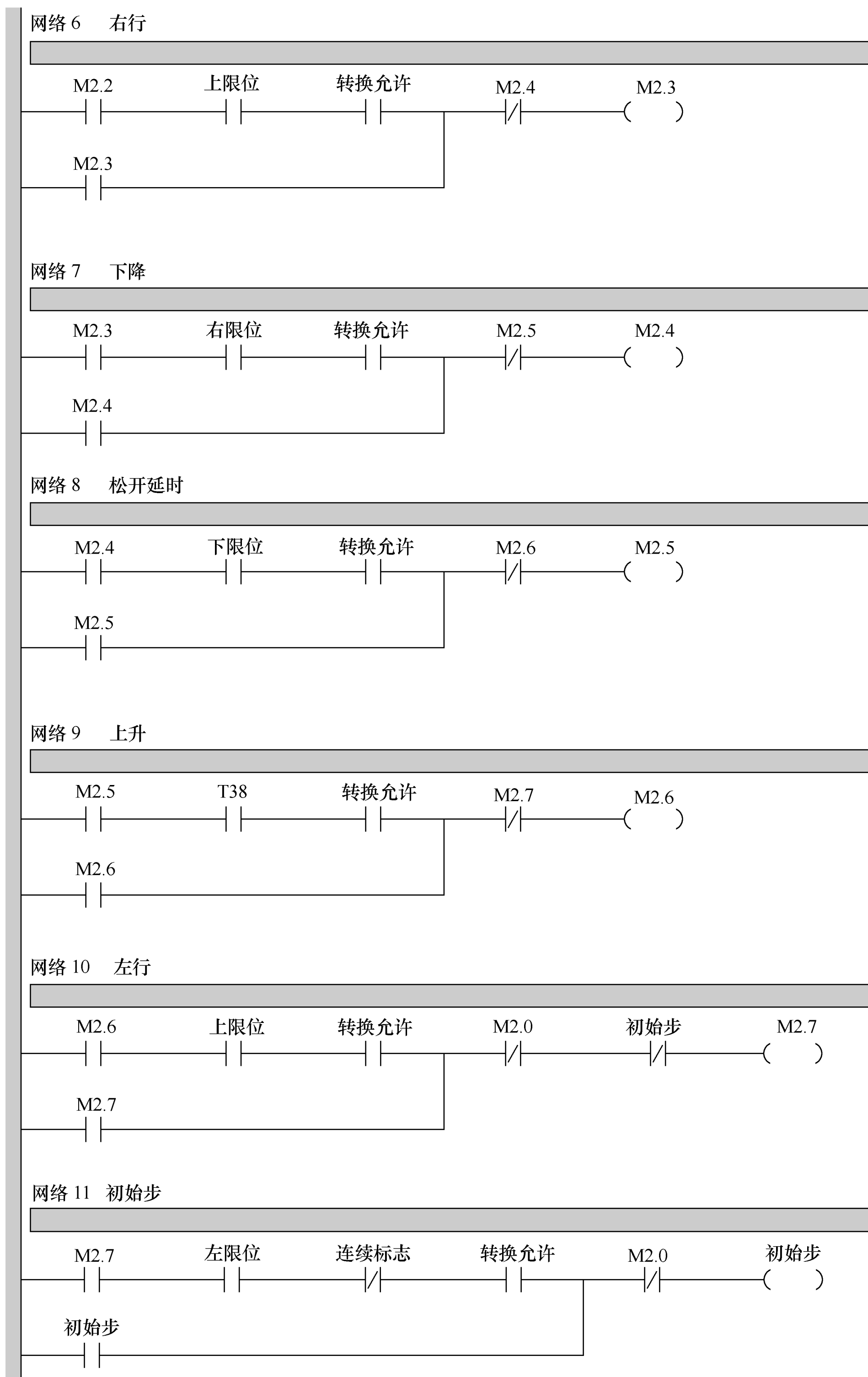


图 5-14　自动程序



网络 6 右行
M2.2
上限位
转换允许
M2.4
M2.3
M2.3
网络 7 下降
M2.3
右限位
转换允许
M2.5
M2.4
M2.4
网络 8 松开延时
M2.4
下限位
转换允许
M2.6
M2.5
M2.5
网络 9 上升
M2.5
T38
转换允许
M2.7
M2.6
M2.6
网络 10 左行
M2.6
上限位
转换允许
M2.0
初始步
M2.7
M2.7
网络 11 初始步
M2.7
左限位
连续标志
转换允许
M2.0
初始步
初始步

图 5-14 （续）

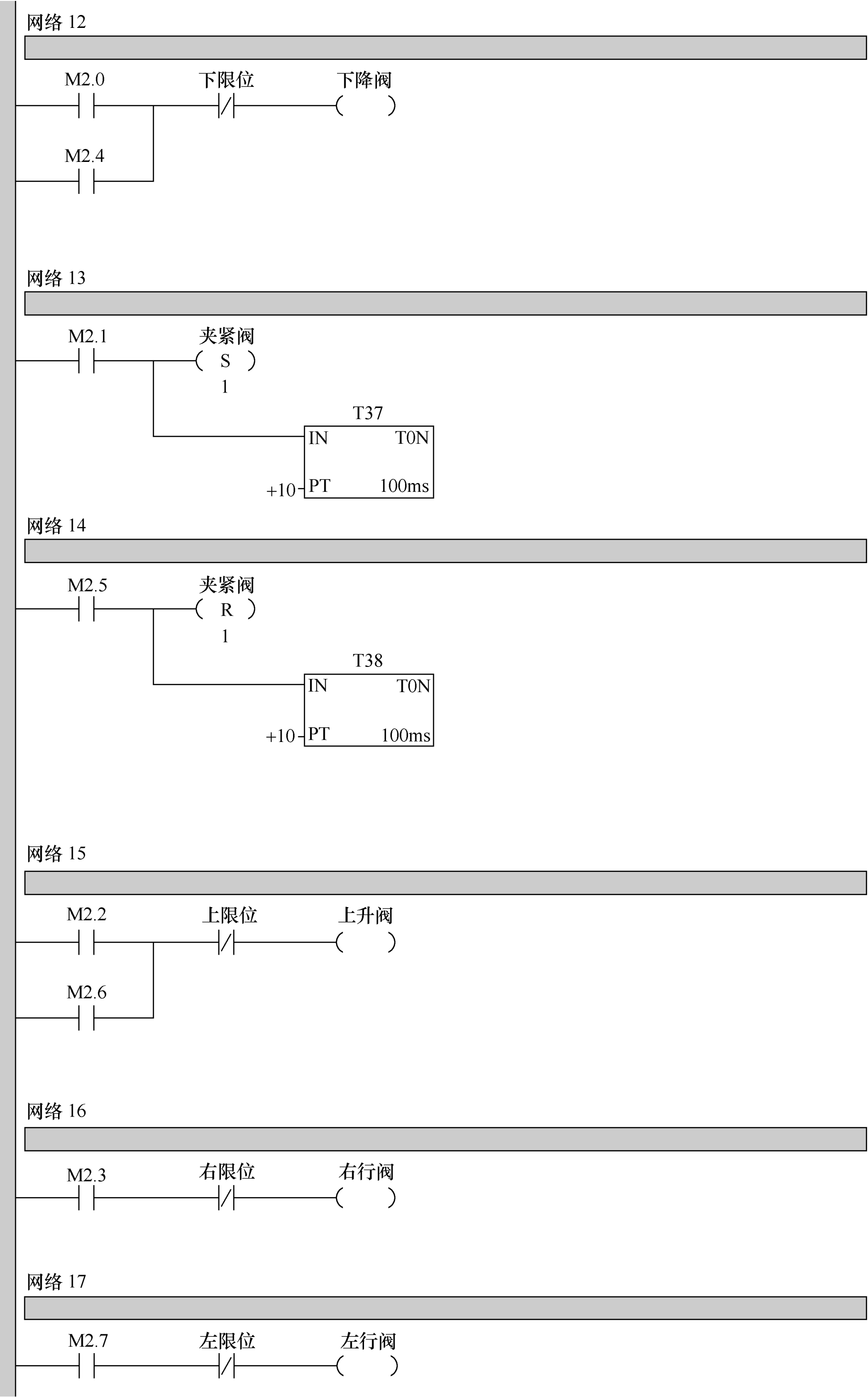

网络 12
M2.0
下限位
下降阀
M2.4
网络 13
M2.1
夹紧阀
S
1
T37
IN
TON
+10
PT
100ms
网络 14
M2.5
夹紧阀
R
1
T38
IN
TON
+10
PT
100ms
网络 15
M2.2
上限位
上升阀
M2.6
网络 16
M2.3
右限位
右行阀
网络 17
M2.7
左限位
左行阀

图 5-14　（续）

第 6 讲　中断及其应用

导读

中断是对 PLC 外部事件或内部事件的一种响应和处理，它包括中断事件、中断处理程序、中断控制指令 3 个部分。中断事件是产生中断的原因，有通信中断、外部 I/O 中断、高速计数器中断、定时中断等。当中断事件发生，PLC 中止当前主程序扫描，将 PLC 控制权交给中断处理程序。通常中断子程序都较为短小和简明扼要，这样可以加快中断子程序执行的速度，使其他程序不会受到长时间的延误。

6.1　中断子程序的类型

1. 中断子程序的类型

中断程序可以为 PLC 内部或外部的特殊事件提供快速反应，通常中断子程序都较为短小和简明扼要，这样可以加快中断子程序执行的速度，使其他程序不会受到长时间的延误。

S7-200 支持以下中断子程序类型：

（1）通信端口中断

S7-200 生成允许程序控制通信端口的事件。此种操作通信端口的模式被称作自由端口模式。在自由端口模式中，程序定义波特率、每个字符的位、校验和协议。可提供“接收”和“传送”中断，协助您进行程序控制的通信。

（2）I/O 中断

S7-200 生成用于各种 I/O 状态不同变化的事件。这些事件允许程序对高速计数器、脉冲输出或输入的升高或降低状态作出应答。一般情况下，I/O 中断包括上升/下降边缘中断、高速计数器中断和脉冲链输出中断。S7-200 可生成输入（I0.0、I0.1、I0.2 或 I0.3）上升和/或下降边缘中断。

（3）时间基准中断

S7-200 生成允许程序按照具体间隔作出应答的事件。通常使用定时中断控制模拟输入取样或定期执行 PID 环路。

时间基准中断包括定时中断和定时器 T32/T96 中断。用户可以使用定时中断基于循环指定需要采取的措施，循环时间通常被设为从 1ms 至 255ms 每 1ms 递增一次。

2. 中断子程序的相关指令

在 S7-200 中，中断相关的指令有 6 个，具体如图 6-1 所示。



图 6-1　中断相关的指令

（1）ENI 和 DISI 指令

中断允许（ENI）指令全局性启用所有附加中断事件进程。中断禁止（DISI）指令全局性禁止所有中断事件进程。转换至 RUN（运行）模式时，中断开始时被禁止。

一旦进入 RUN（运行）模式，用户可以通过执行全局中断允许指令，启用所有中断进程。执行中断禁止指令会禁止处理中断；但是现用中断事件将继续入队等候。

如图 6-2 所示为 ENI 和 DISI 指令。

（2）ATCH 指令

中断连接（ATCH）指令将中断事件（EVNT）与中断子程序号码（INT）相联系，并启用中断事件，如图 6-3 所示。

——(ENI)

——(DISI)

图 6-2　ENI 和 DISI 指令

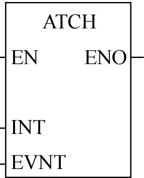


图 6-3　ATCH 指令

常见的 S7-200 中断事件见表 6-1。

表 6-1　常见的 S7-200 中断事件

事件号码	中断说明	优先级别（组别）	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP 226 226XM
8	端口 0：接收字符	0	✓	✓	✓	✓
9	端口 0：传输完成	0	✓	✓	✓	✓
23	端口 0：接收信息完成	0	✓	✓	✓	✓
24	端口 1：接收信息完成	1				✓
25	端口 1：接收字符	1				✓
26	端口 1：传输完成	1				✓
19	PTO 0 完全中断	0	✓	✓	✓	✓
20	PTO 1 完全中断	1	✓	✓	✓	✓
0	上升边缘，I0. 0	2	✓	✓	✓	✓
2	上升边缘，I0. 1	3	✓	✓	✓	✓
4	上升边缘，I0. 2	4	✓	✓	✓	✓
6	下降边缘，I0. 3	5	✓	✓	✓	✓
1	下降边缘，I0. 0	6	✓	✓	✓	✓
3	下降边缘，I0. 1	7	✓	✓	✓	✓
5	下降边缘，I0. 2	8	✓	✓	✓	✓
7	下降边缘，I0. 3	9	✓	✓	✓	✓
12	HSC0 CV = PV	10	✓	✓	✓	✓
27	HSC0 方向改变	11	✓	✓	✓	✓

（续）

事件号码	中断说明	优先级别（组别）	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP 226 226XM
28	HSC0 外部复原/Zphase	12	✓	✓	✓	✓
13	HSC1 CV = PV	13			✓	✓
14	HSC1 方向改变	14			✓	✓
15	HSC1 外部复原	15			✓	✓
16	HSC2 CV = PV	16			✓	✓
17	HSC2 方向改变	17			✓	✓
18	HSC2 外部复原	18			✓	✓
32	HSC3 CV = PV	19	✓	✓	✓	✓
29	HSC4 CV = PV	20	✓	✓	✓	✓
30	HSC1 方向改变	21	✓	✓	✓	✓
31	HSC1 外部复原/Zphase	22	✓	✓	✓	✓
33	HSC2 CV = PV	23	✓	✓	✓	✓
10	定时中断 0	0	✓	✓	✓	✓
11	定时中断 1	1	✓	✓	✓	✓
21	定时器 T32 CT = PT 中断	2	✓	✓	✓	✓
22	定时器 T96 CT = PT 中断	3	✓	✓	✓	✓

（3）DTCH 指令

中断分离（DTCH）指令取消中断事件（EVNT）与所有中断子程序之间的关联，并禁用中断事件，DTCH 指令如图 6-4 所示。

在激活中断子程序之前，必须在中断事件和您希望在事件发生时执行的程序段之间建立联系。使用“中断连接”指令将中断事件（由中断事件号码指定）与程序段（由中断子程序号码指定）联系在一起。用户可以将多个中断事件附加在一个中断子程序上，但一个事件不能同时附加在多个中断子程序上。当将一个中断事件附加在一个中断子程序上时，会自动启用中断。

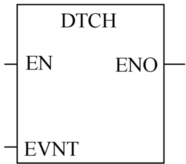


图 6-4　DTCH 指令

如果用全局禁用中断指令禁用所有的中断，则每次出现的中断事件均入队等候，直至使用全局启用中断指令或中断队列溢出重新启用中断。用户可以使用“中断分离”指令断开中断事件与中断子程序之间的联系，从而禁用单个中断事件。“中断分离”指令使中断返回至非现用或忽略状态。

3. 中断子程序应用一：处理 I/O 中断

现有一应用要求：根据 I0.0 的状态进行计数，如果输入 I0.0 为 1，则程序减计数；输入 I0.0 为 0，则程序加计数。

对于该类问题，可以采用 I/O 中断（即事件 0 ~ 7）来进行，即利用 I0.0 的上升沿和下降沿。当 I0.0 输入的状态发生改变，则将激活 I/O 中断，其中 INT_0 负责将存储器位 M0.0

置 1，INT_1 负责将存储器位 M0.1 置 0。

程序清单及注释如图 6-5 ~ 图 6-7 所示。

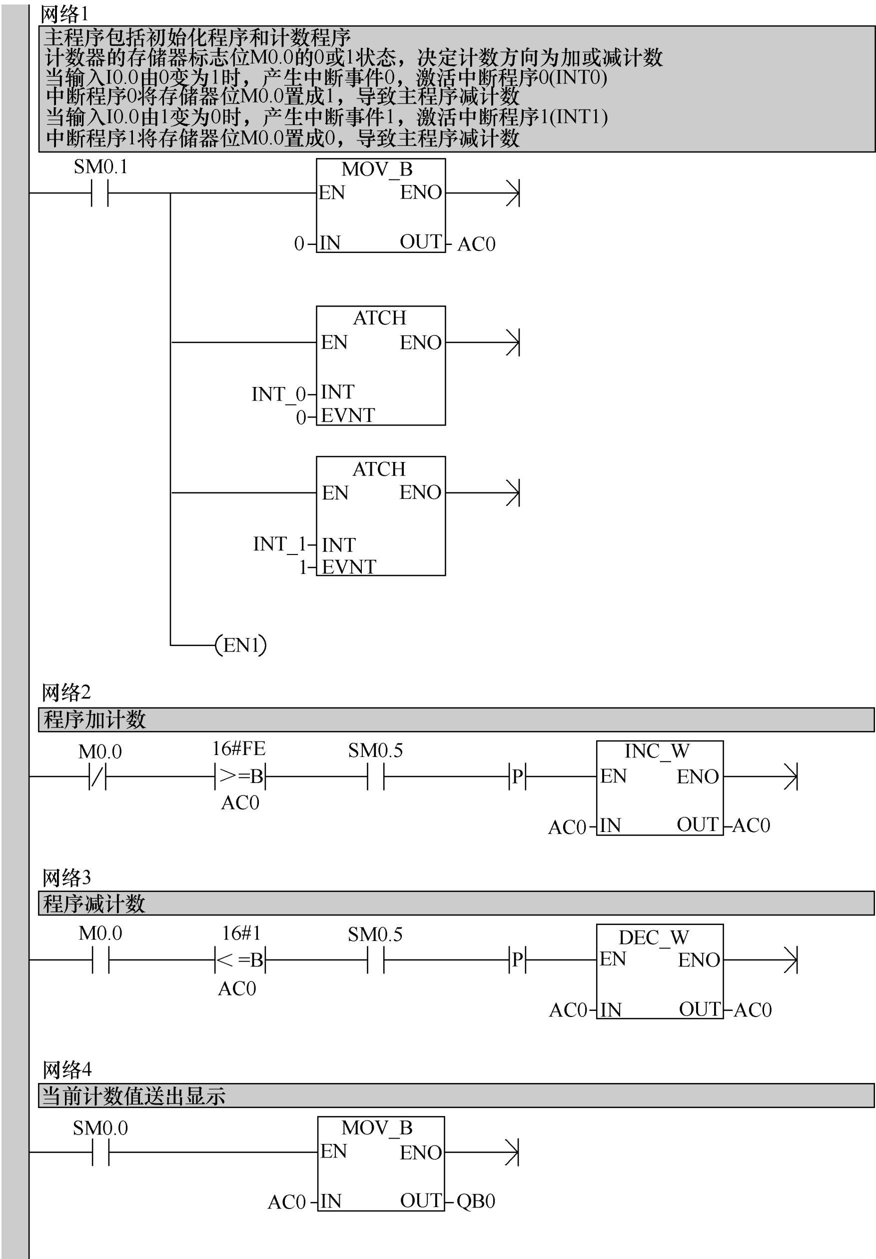


图 6-5　处理 I/O 中断主程序

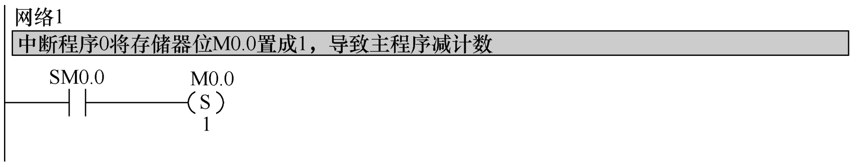


图 6-6　中断子程序 INT_0

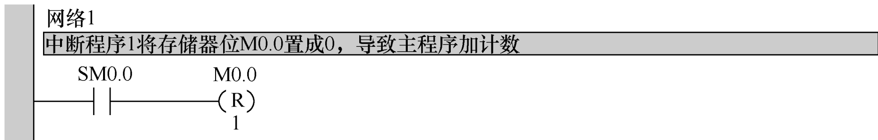


图 6-7　中断子程序 INT_1

4. 中断子程序应用二：T32 中断控制 LED 灯

现有一应用要求：8 盏 LED 灯分别接在 PLC 的输出 Q0.0 ~ Q0.7，要求能利用中断实现 8 盏灯循环左移。

对于该类问题，可以采用 T32 定时中断（即事件 21）来进行，最长定时间为 32767s。

该中断应用程序清单及注释如图 6-8 ~ 图 6-10 所示，其中应用到了 RLB 左移指令，可以参考 S7-200 用户手册。

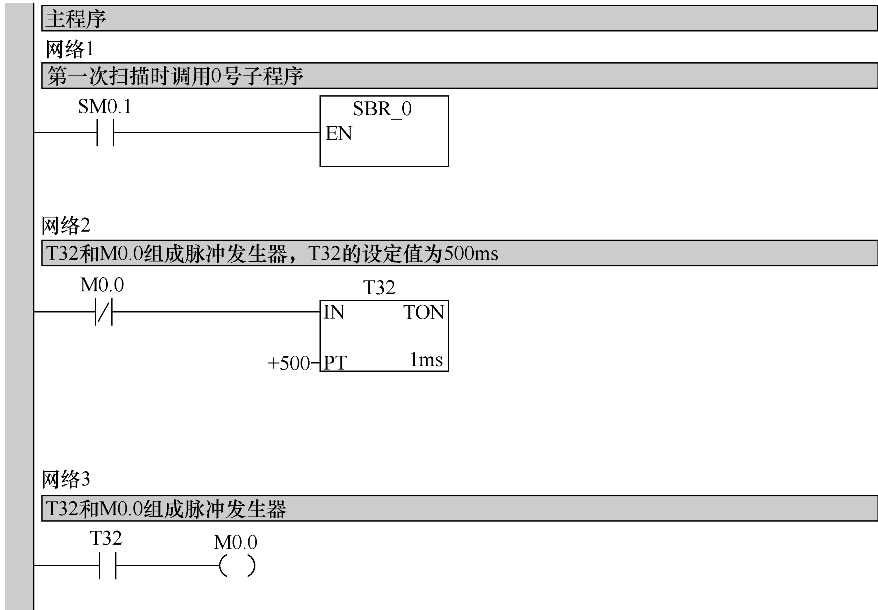


图 6-8　T32 中断控制 LED 灯主程序

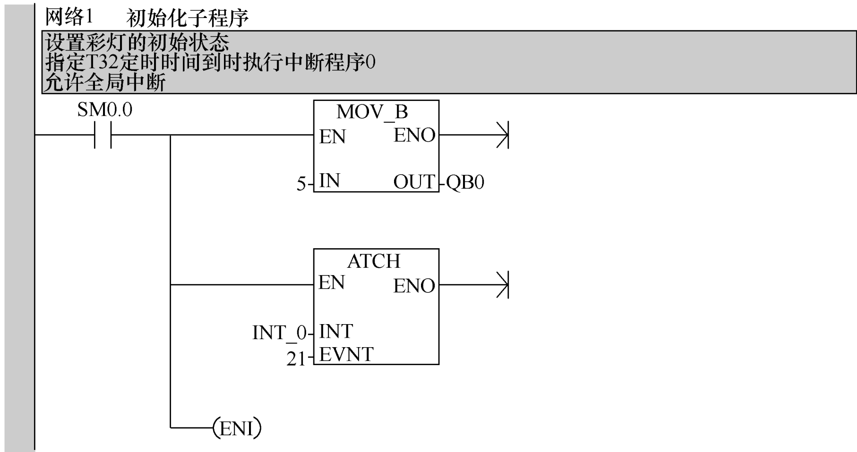


图 6-9　子程序 SBR_0

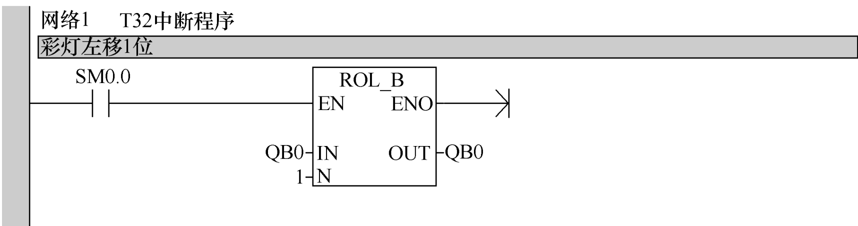


图 6-10　中断子程序 INT_0

6.2　中断应用案例一：报警灯应用

1. 报警灯应用概述

在工业生产中，设备的正常运行是至关重要的，但是总会出现这样那样的问题，这时候传感器就会把信号传送到中央控制器，中央控制器根据不同类型进行报警。比如：无显示—无报警；持续黄色—报警；闪动红色—停机报警；持续红色—电气断路脱扣报警等。

图 6-11 所示为工业机器人生产线的报警灯。

报警灯的颜色变化和频率变化预示着不同的维护或维修等级，因此很多程序设计中都将报警灯控制作为一种重要的部分来设计。本案例的报警控制灯要求如下：

1）输入信号可以通过选择开关来模拟报警信号源；

2）报警灯显示有两种变化频率，一种为快速，一种为慢速。



图 6-11　工业机器人生产线的报警灯

2. 报警灯控制的硬件设计

报警灯的硬件设计如图 6-12 所示。本项目之所以采取 CPU 224 DC/DC/DC，是考虑到报警灯的输出频率比较快，故采用晶体管输出。从图 6-12 中可以看出，本项目只有一个输入 I0. 0 选择开关用于切换两种频率。

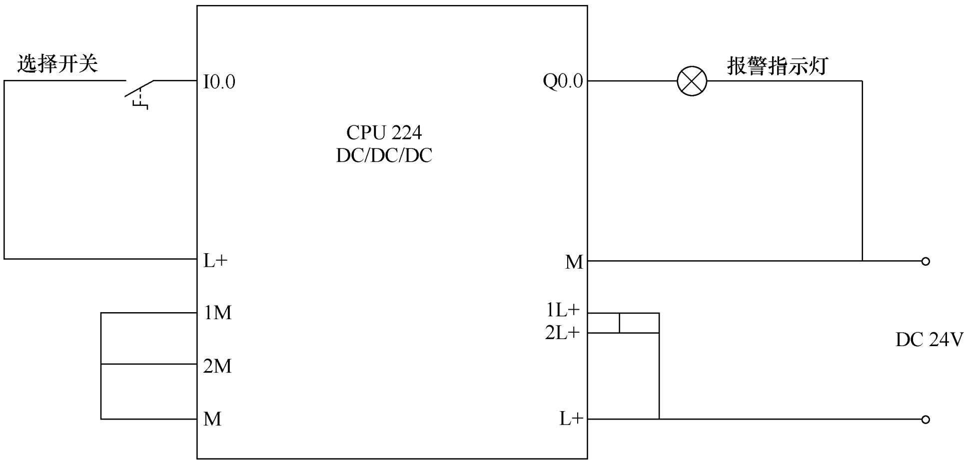


图 6-12　报警灯的硬件设计

3. 报警灯控制的软件编程

（1）SMB34-SMB35 时间间隔寄存器

特殊内存字节 34 和 35 控制中断 0 和中断 1 的时间间隔。用户可以指定从 1ms 至 255ms ＊＊的时间间隔（以 1ms 为增量），SMB34-SMB35 时间间隔寄存器见表 6-2。相应的定时中断事件附加在中断例行程序中时，CPU 捕获时间间隔数值。如果改变时间间隔，必须将定时中断事件重新附加在相同的或不同的中断例行程序中，最后用分离事件的方法终止定时中断事件。

表 6-2　SMB34-SMB35 时间间隔寄存器

S7-200 符号名	SM 地址	以毫秒为单位的定时中断间隔
Time_0_Intrvl	SMB34　定时中断 0	时间间隔数值（以 1ms 为增量，从 1ms 至 255ms＊＊）
Time_1_Intrvl	SMB35　定时中断 1	时间间隔数值（以 1ms 为增量，从 1ms 至 255ms＊＊）

＊＊对于 21x 系列，时间间隔（以 1ms 为增量）从 5ms 至 255ms。

（2）主程序与中断程序的编制

报警灯控制就是利用 SMB34、SMB35 的定时中断来产生，程序清单及注释如图 6-13 ~ 图 6-15 所示。其中频率 1 为 225ms（快速），频率 2 为 450ms（慢速）。

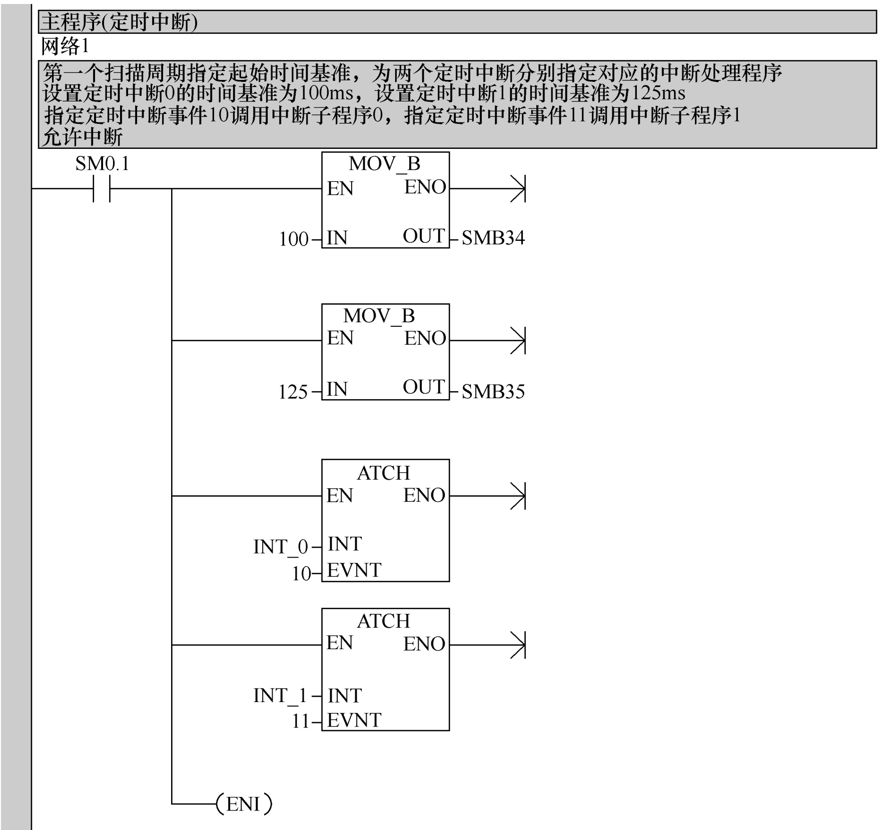
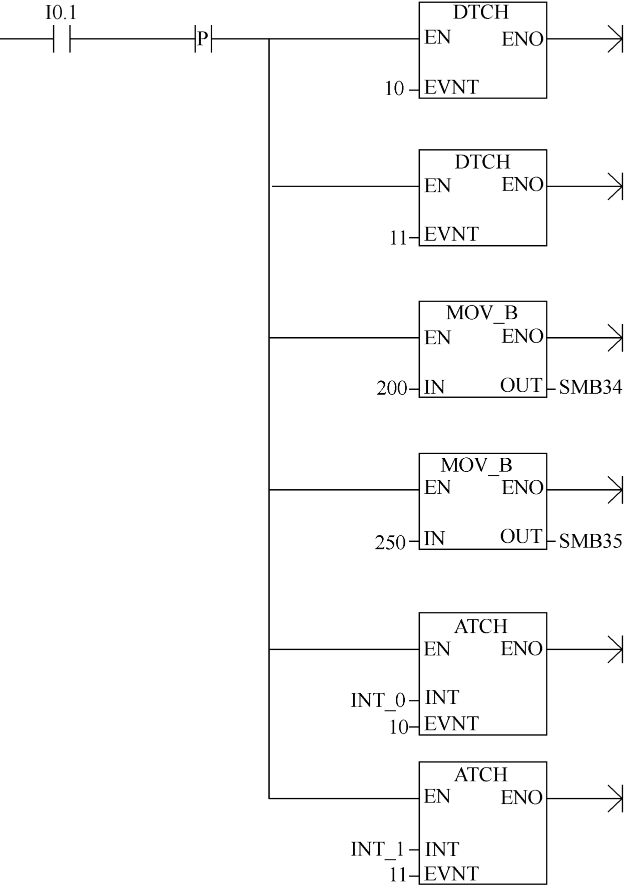


图 6-13　主程序


网络2　当输入I0.1有上升沿(从0到1)时，定时中断的时间基准加倍
为了执行这一新的指令，必须断开中断事件中断与程序之间的联系，否则不承认新的时间基准；用DTCH指令来切断两者之间的联系；
当指定了新的时间基准后，必须用ATCH指令来恢复中断事件与中断程序之间的联系
I0.1
P
DTCH
EN
ENO
10
EVNT
DTCH
EN
ENO
11
EVNT
MOV_B
EN
ENO
200
IN
OUT
SMB34
MOV_B
EN
ENO
250
IN
OUT
SMB35
ATCH
EN
ENO
INT_0
INT
10
EVNT
ATCH
EN
ENO
INT_1
INT
11
EVNT

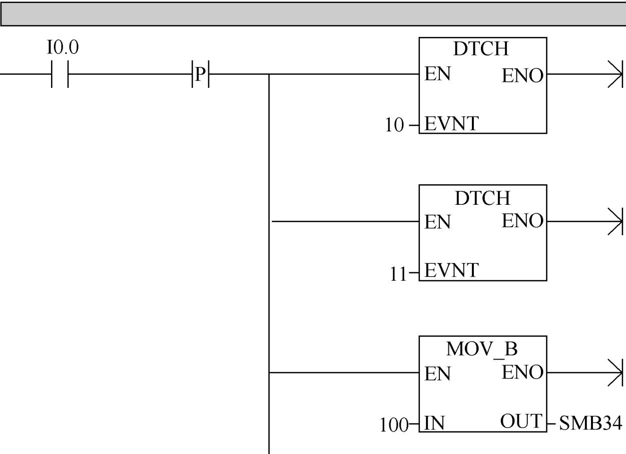

网络3　当输入I0.0有上升沿时，恢复使用原频率
I0.0
P
DTCH
EN
ENO
10
EVNT
DTCH
EN
ENO
11
EVNT
MOV_B
EN
ENO
100
IN
OUT
SMB34

图 6-13　（续）

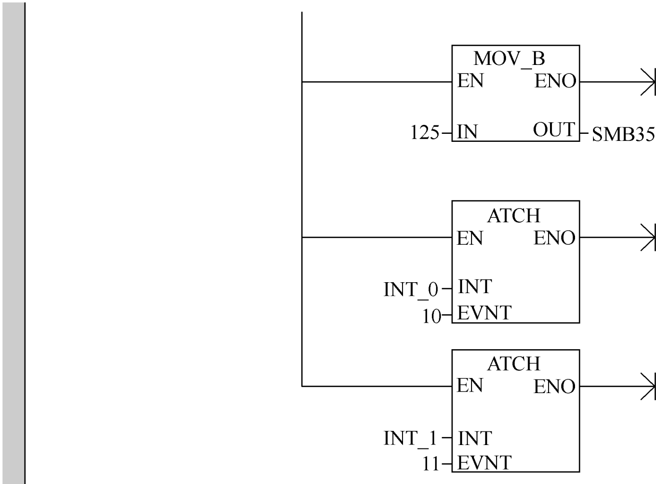


图 6-13 （续）

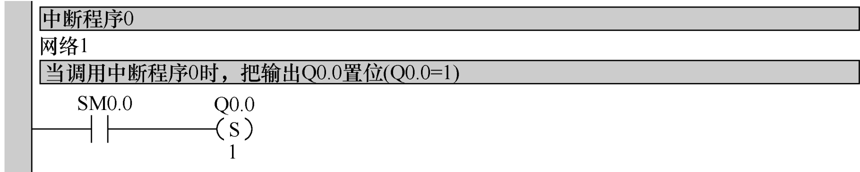


图 6-14 中断子程序 0

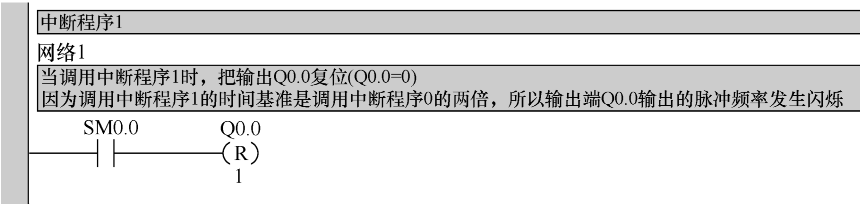


图 6-15 中断子程序 1

6.3 中断应用案例二：水位显示

1. 水位显示概述

在很多化工厂，如对于像蒸馏塔这样的大规模连续过程，温度、压力、流量和液位这四种是最常见的过程变量。由于在设备运行过程中存在进料量和出料量的变化，所以液位传感器等出来的信号可能会存在误动作，从而导致液位波动。因此，正确地显示液位是非常重要的一个课题，如图 6-16 所示为某液体容器的液位显示示意。

在图 6-16 中，PLC 读取液位传感器，必须能消除液位的波动和不稳定性所带来的误差，确保系统的正常运行。

2. 水位显示的 PLC 硬件线路

水位显示的硬件线路只涉及模拟量输入信号，因此按照图 6-17 进行简单接线。

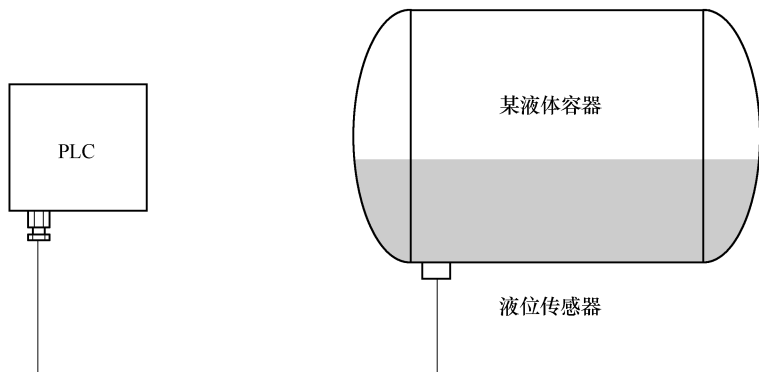


图 6-16　某液体容器的液位显示示意

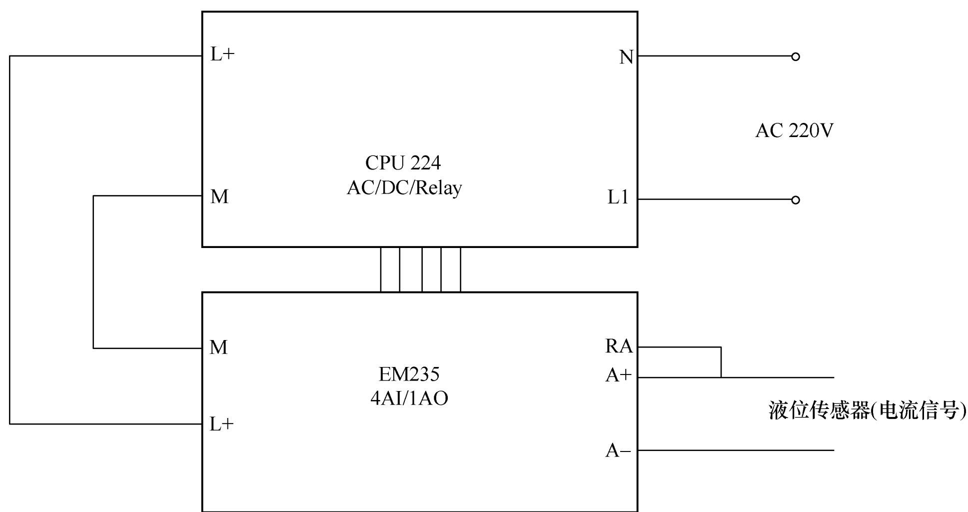


图 6-17　水位信号采集电气接线

3. 水位显示的程序编制

（1）水位信号的采集

对于变化缓慢的水位（或温度等）信号可以采用中间值滤波法。中间值滤波法是一种典型的非线性滤波器，它运算简单，在滤除脉冲噪声的同时可以很好地保护信号的细节信息。它对某一被测参数连续采样 n 次（一般 n 应为奇数），然后将这些采样值进行排序，选取中间值为本次采样值。

设滤波器窗口的宽度为 $n=2k+1$，离散时间信号 $x(i)$ 的长度为 N，（$i=1, 2, \cdots, N$；$N \gg n$），则当窗口在信号序列上滑动时，一维中值滤波器的输出：

$\mathrm{med}[x(i)]=x^{(k)}$　表示窗口 $2k+1$ 内排序的第 k 个值，即排序后的中间值。

图 6-18 所示是采取中间值滤波法对不同宽度水位信号的脉冲滤波效果。

在 PLC 运算中，中间值滤波法需要对采样值进行排序，找出最大值和最小值，然后求算术平均值。假定每 4 次采样计算一次平均值，其中间值滤波法程序框图如图 6-19 所示。

（2）程序编制

采用中间值滤波法，对 4 次采样进行处理，中间值滤波法处理水位信号见表 6-3。

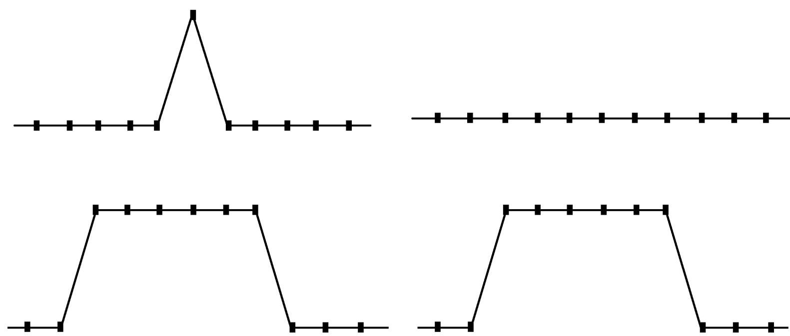


图 6-18　采取中间值滤波法对不同宽度水位信号的脉冲滤波效果

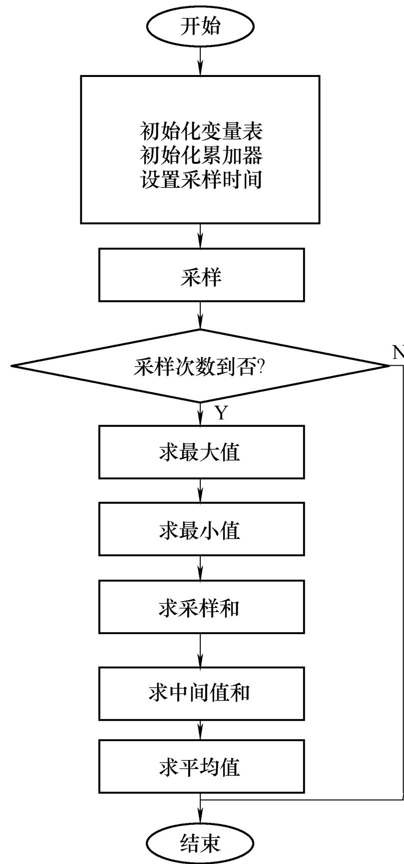


图 6-19　中间值滤波法程序框图

表 6-3　中间值滤波法处理水位信号

存储器地址	所存内容	存储器地址	所存内容	存储器地址	所存内容	存储器地址	所存内容
VW0	所容个数数据	VW4/6/8/10	第一/二/三/四次采样值	VW14	采样最小值	VW24	求和计数器

（续）

存储器地址	所存内容	存储器地址	所存内容	存储器地址	所存内容	存储器地址	所存内容
VW2	实际数据个数	VW12	采样最大值	VW20/22	求最大/小值计数器	VW26	平均值

水位信号采集主程序如图 6-20 所示。

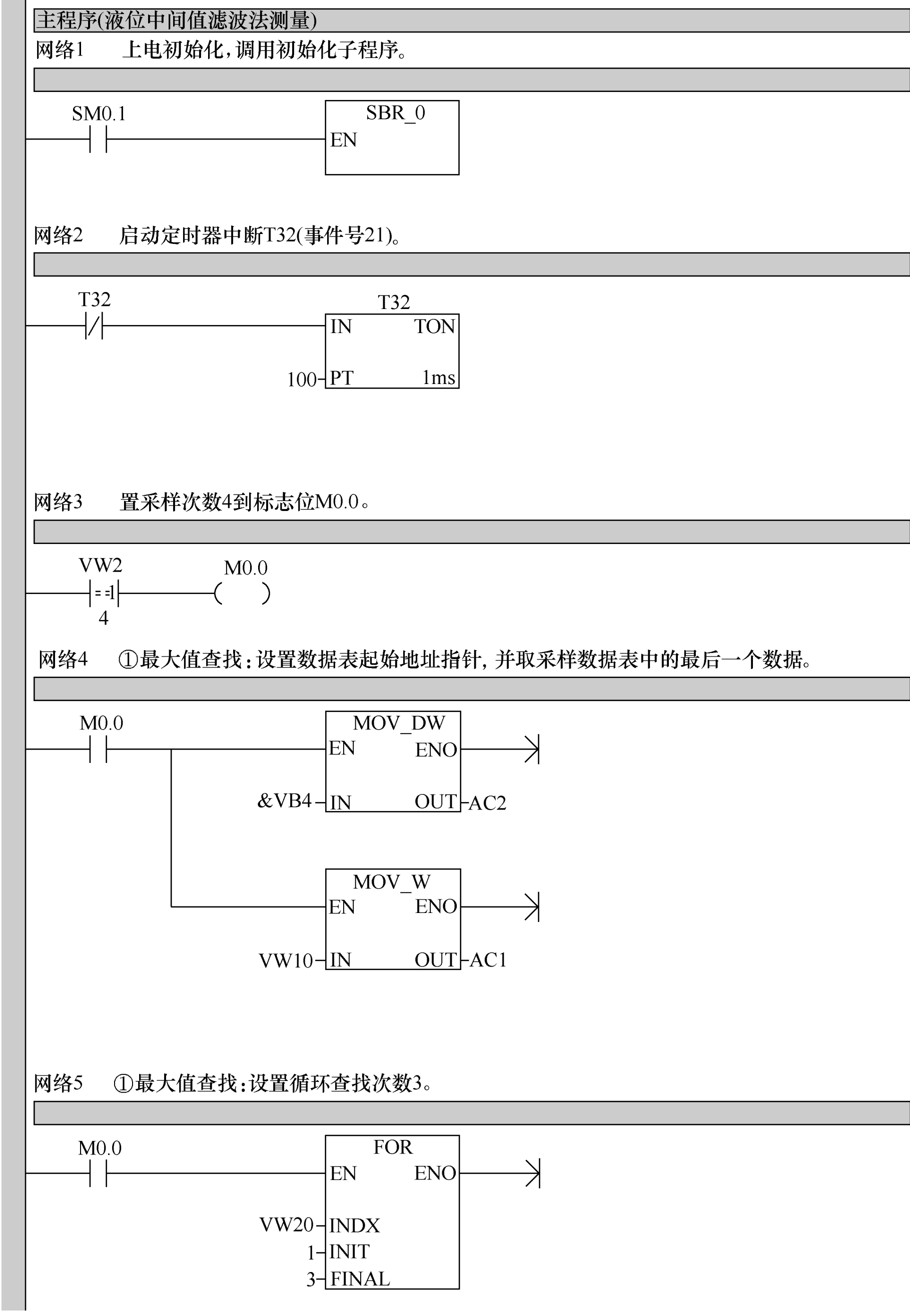


图 6-20　水位信号采集主程序

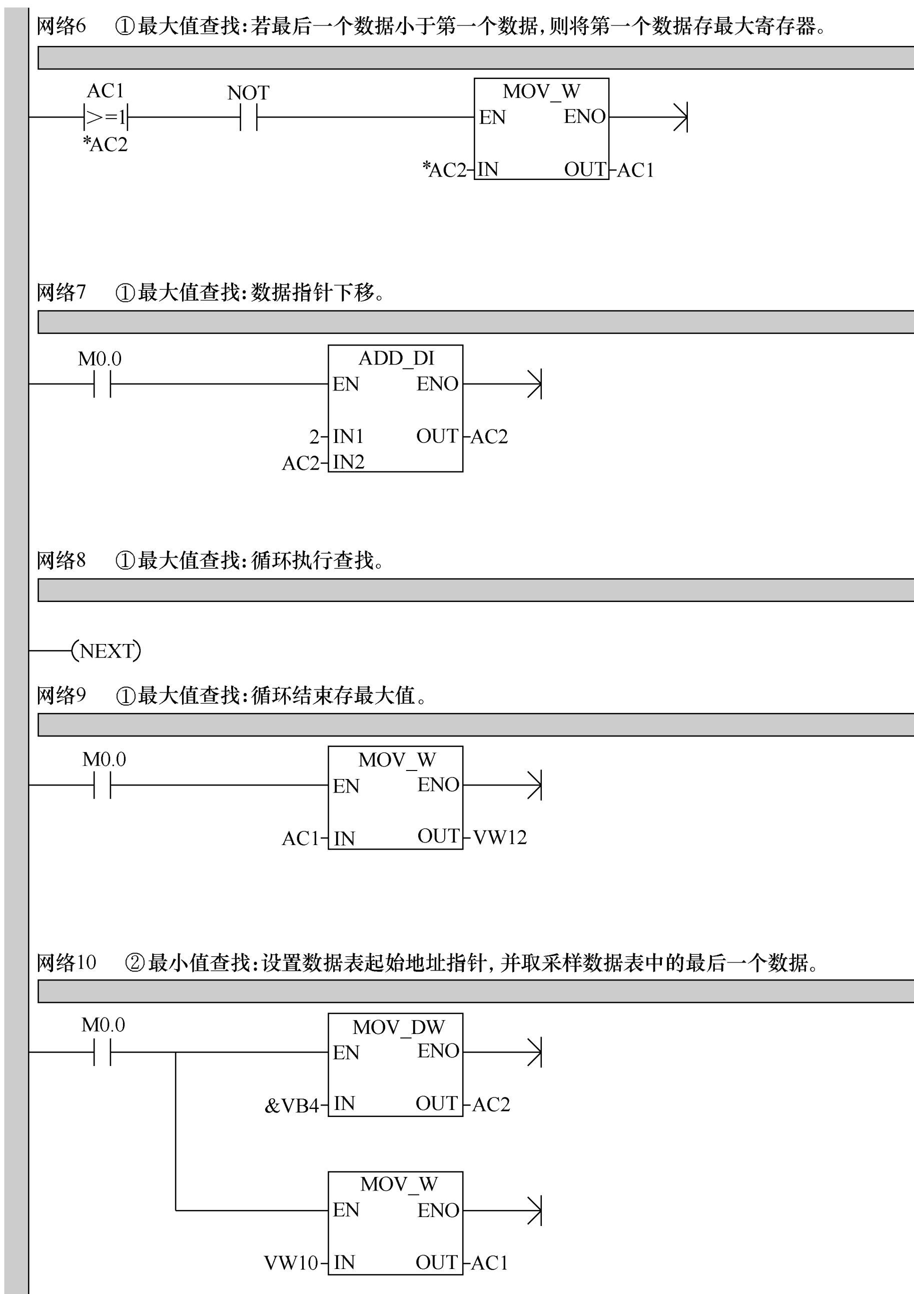
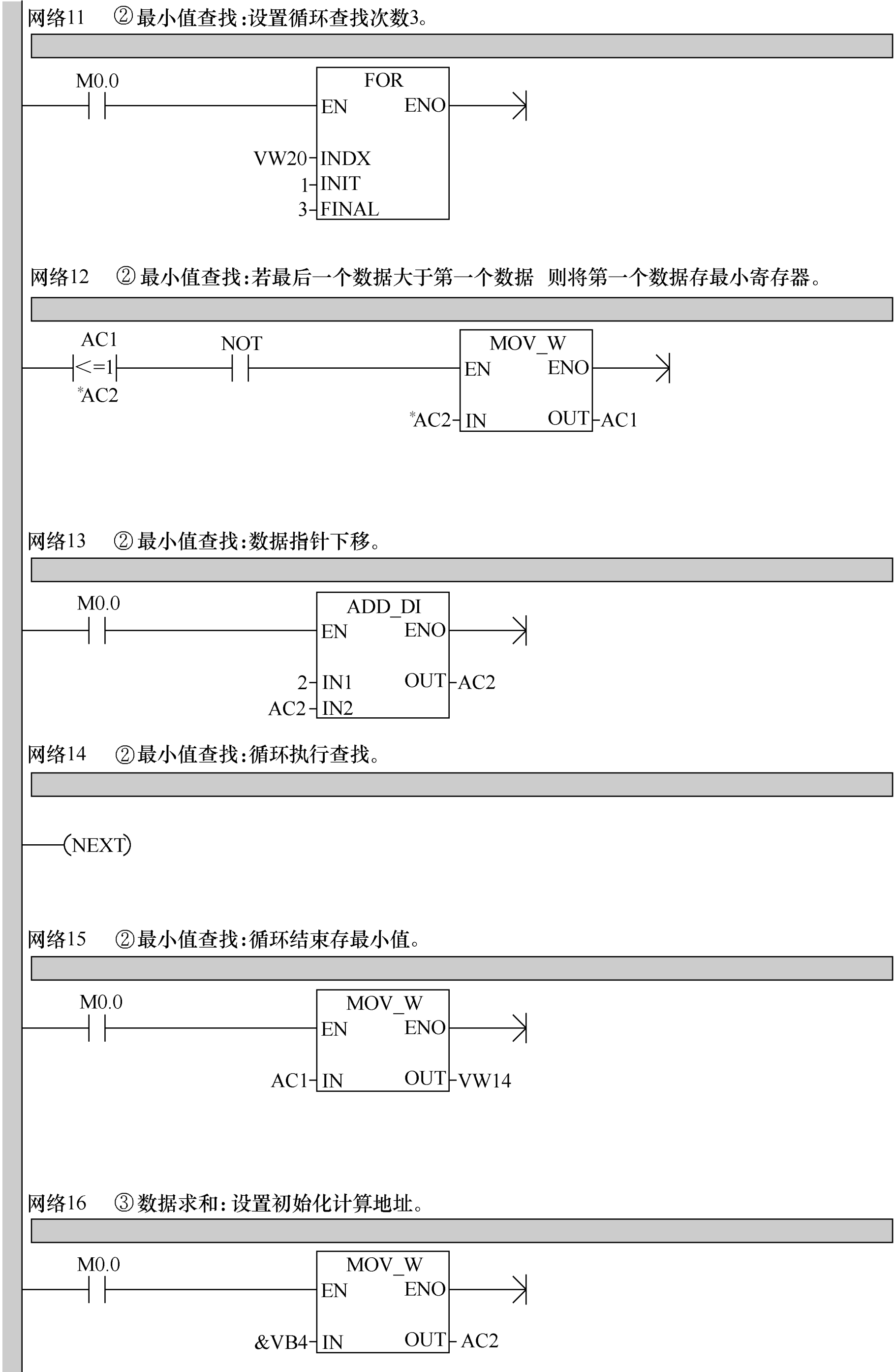

网络6　①最大值查找：若最后一个数据小于第一个数据，则将第一个数据存最大寄存器。
AC1
>=1
*AC2
NOT
MOV_W
EN
ENO
*AC2
IN
OUT
AC1
网络7　①最大值查找：数据指针下移。
M0.0
ADD_DI
EN
ENO
2
IN1
OUT
AC2
AC2
IN2
网络8　①最大值查找：循环执行查找。
(NEXT)
网络9　①最大值查找：循环结束存最大值。
M0.0
MOV_W
EN
ENO
AC1
IN
OUT
VW12
网络10　②最小值查找：设置数据表起始地址指针，并取采样数据表中的最后一个数据。
M0.0
MOV_DW
EN
ENO
&VB4
IN
OUT
AC2
MOV_W
EN
ENO
VW10
IN
OUT
AC1

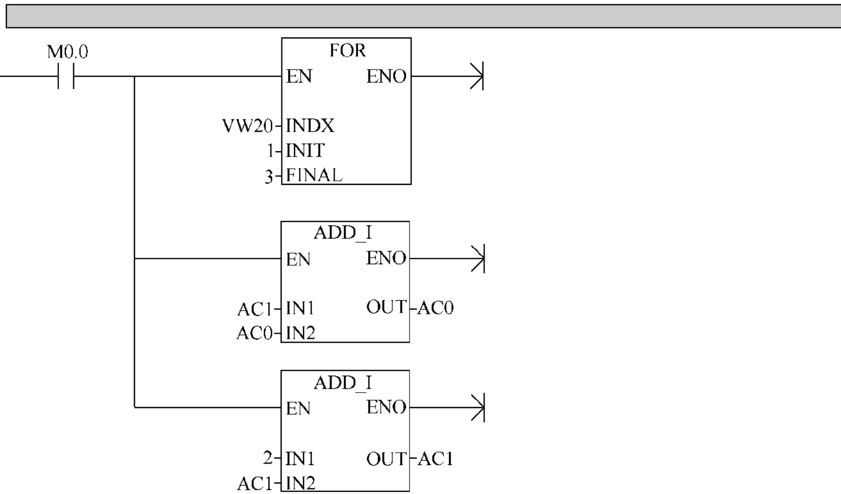
图 6-20　（续）



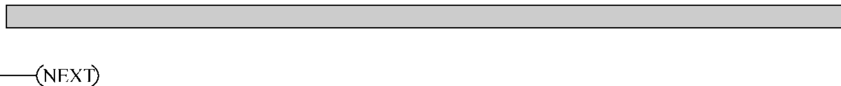
网络11　②最小值查找:设置循环查找次数3。
M0.0
FOR
EN
ENO
VW20
INDX
1
INIT
3
FINAL
网络12　②最小值查找:若最后一个数据大于第一个数据 则将第一个数据存最小寄存器。
AC1
<=I
*AC2
NOT
MOV_W
EN
ENO
*AC2
IN
OUT
AC1
网络13　②最小值查找:数据指针下移。
M0.0
ADD_DI
EN
ENO
2
IN1
OUT
AC2
AC2
IN2
网络14　②最小值查找:循环执行查找。
(NEXT)
网络15　②最小值查找:循环结束存最小值。
M0.0
MOV_W
EN
ENO
AC1
IN
OUT
VW14
网络16　③数据求和: 设置初始化计算地址。
M0.0
MOV_W
EN
ENO
&VB4
IN
OUT
AC2

图 6-20　（续）

网络17　③数据求和：循环控制，共4次累加采样数据 修改数据指针。



网络18　③数据求和：循环返回控制。



网络19　④计算平均值：先求最大值+最小值的和，再将采样总数值减去该和；然后将中间值求平均数；最后将采样数据表清零，累加器清零。

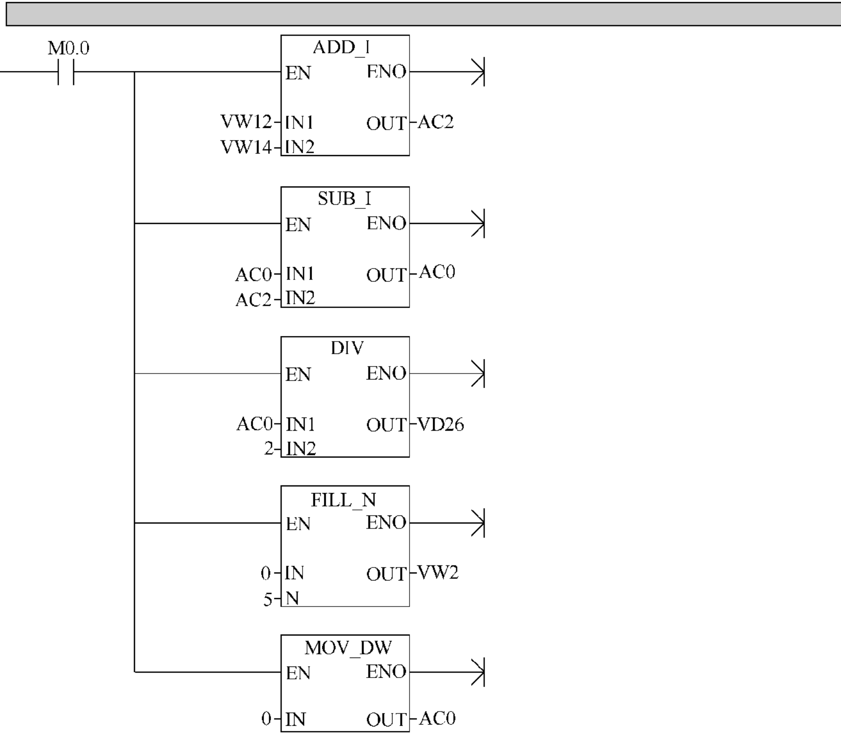


图 6-20　（续）

水位信号采集子程序如图 6-21 所示。

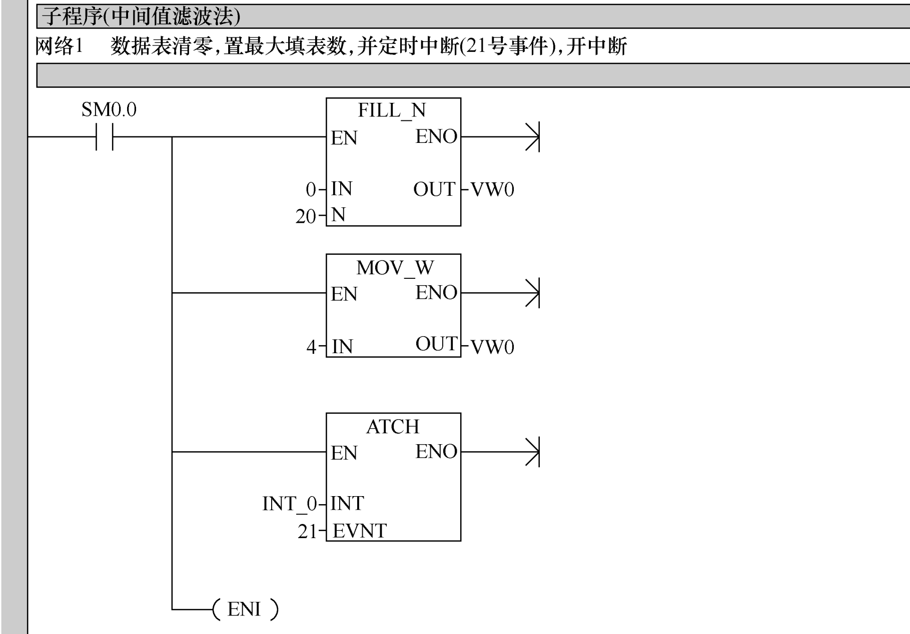


图 6-21　水位信号采集子程序

水位信号采集中断程序如图 6-22 所示。

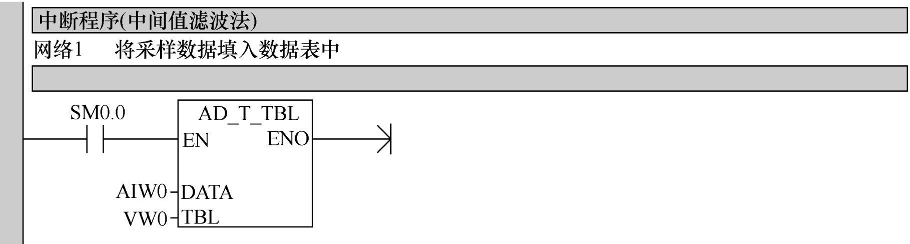


图 6-22　水位信号采集中断程序

第 7 讲　高速输入输出及其应用

导读

S7-200 PLC 可以使用高速计数器定义指令来定义计数器的模式和输入，被广泛应用于编码器等计数，如定长切割等应用。同时，S7-200 的脉冲量输出采用晶体管输出形式，用于支持运动控制的位置功能，如步进或伺服控制。高速输入输出功能既可以采用语句表也可以采用向导，方便了用户的工程应用。

7.1　高速计数器的硬件功能

1. 脉冲量输入和高速计数器

在工业控制中的有些场合，输入的是一些高速脉冲信号，如编码器信号，这时候 PLC 可以使用高速计数器功能对这些特定的脉冲量进行加减计数来最终获取所需要的工艺数据（转速、角度、位移等）。从硬件角度来讲，小型 PLC 都会内置一些端口用于高速脉冲输入，其结构与普通的数字量不同。从软件角度来讲，小型 PLC 都会采用特殊的高速计数器指令来进行中断处理。

高速计数器的模式一般分为以下三种：

（1）单相脉冲模式

单相脉冲模式是指输入的连续脉冲数来自于一个通道，通常用于接近开关等简易式输入信号，单相脉冲模式控制原理如图 7-1 所示。

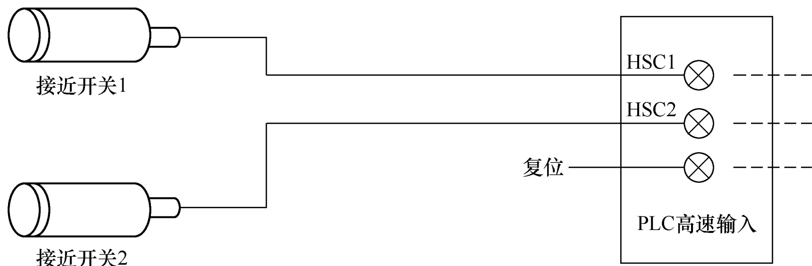


图 7-1　单相脉冲模式控制原理

单相脉冲模式又可以分为单相运行模式和单相脉冲 + 方向模式两种，前者是在输入脉冲的上升沿时现在值加 1，如图 7-2 所示。后者是在 B 相在低电平时，在 A 相脉冲的上升沿时当前值加 1。在 A 相在高电平时，在 A 相脉冲的上升沿时当前值加 1，如图 7-3 所示。

（2）双相脉冲 CW/CCW 模式

双相脉冲 CW/CCW 模式通常接入是接近开关等输入信号，CW 表示正方向（顺时针），CCW 表示反方向（逆时针），控制原理如图 7-4 所示。与单相脉冲控制原理不同的在于，在本模式中，两个接近开关都是为一个高速输入脉冲 HSC1 服务。

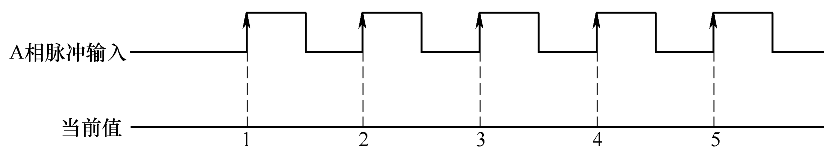


图 7-2　单相运行模式

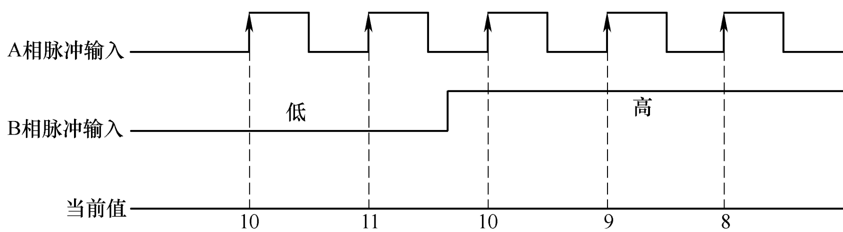


图 7-3　单相脉冲 + 方向模式

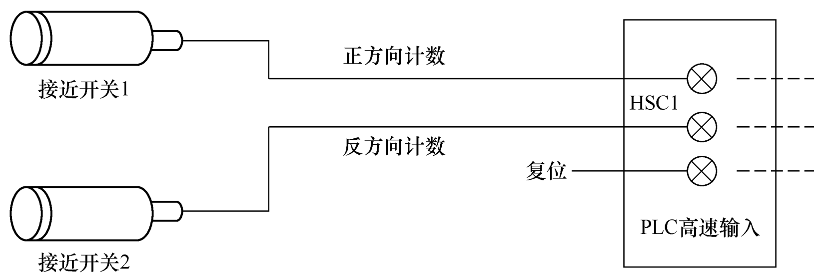


图 7-4　双相脉冲 CW/CCW 模式控制原理

双相脉冲 CW/CCW 模式的计数器变化为：当 B 相在低电平时，在 A 相输入脉冲的上升沿时当前值加 1；当 A 相在低电平时，在 B 相输入脉冲的上升沿时当前值加 1。双相 CW/CCW 模式如图 7-5 所示。

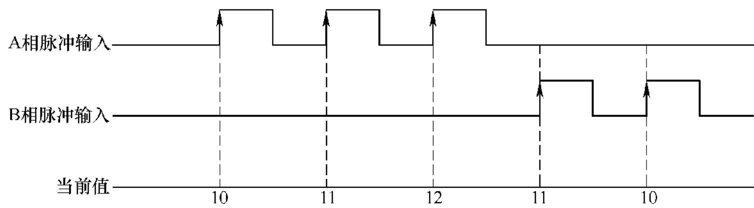


图 7-5　双相 CW/CCW 模式

（3）双相脉冲正交模式

双相脉冲正交模式是为了配合光电编码器而设置的一种特殊控制模式，控制原理如图 7-6 所示。

光电编码器是一种通过光电转换将输出轴上的机械几何位移量转换成脉冲或数字量的传感器。这是目前应用最多的传感器，光电编码器是由光栅盘和光电检测装置组成。光栅盘是在一定直径的圆板上等分地开通若干个长方形孔。由于光电码盘与电动机同轴，电动机旋转时，光栅盘与电动机同速旋转，经发光二极管等电子元件组成的检测装置检测输出若干脉冲信号，其原理示意如图 7-7 所示。通过计算每秒光电编码器输出脉冲的个数就能反映当前电动机的转速。此外，为判断旋转方向，码盘还可提供相位相差 90°的双相脉冲正交信号。

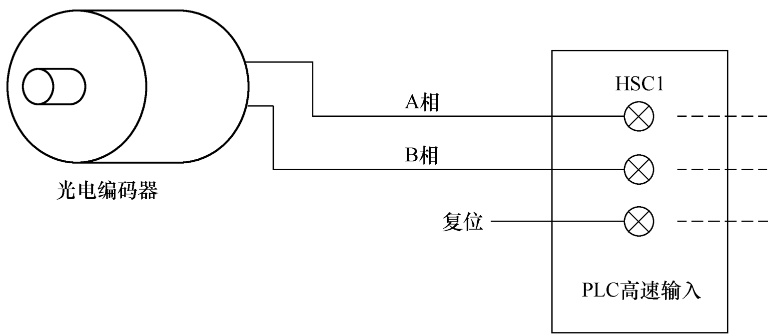


图 7-6　双相脉冲正交模式控制原理

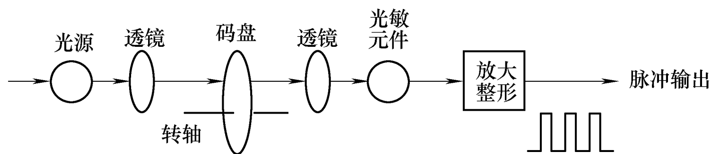


图 7-7　光电编码器原理示意

增量式光电编码器输出两路相位相差 90°的脉冲信号 A 和 B，当电动机正转时，脉冲信号 A 的相位超前脉冲信号 B 的相位 90°，此时逻辑电路处理后可形成高电平的方向信号。当电动机反转时，脉冲信号 A 的相位滞后脉冲信号 B 的相位 90°，此时逻辑电路处理后的方向信号为低电平。因此根据超前与滞后的关系可以确定电动机的转向，其转向判别的原理如图 7-8 所示。

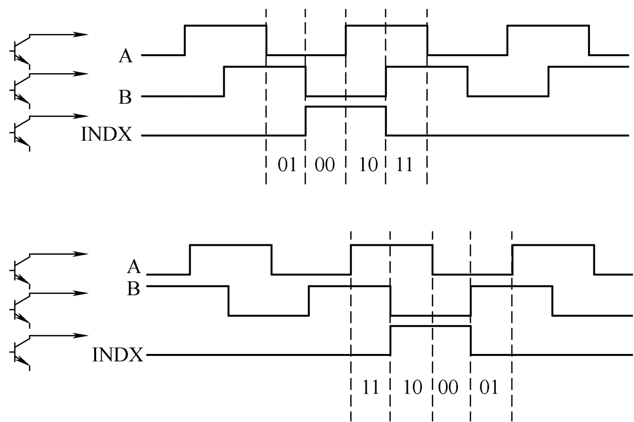


图 7-8　电动机转向判别原理

双相脉冲正交模式具有两种计数方式，即乘 1 和乘 4 模式，以乘 4 模式为例，它的 Up 或 Down 计数是通过 A 和 B 相的不同自动设定，如图 7-9 所示。

- Up 计数器

- 当 B 相低电平时，在 A 相脉冲输入的上升沿动作。
- 当 B 相高电平时，在 A 相脉冲输入的下降沿动作。
- 当 A 相高电平时，在 B 相脉冲输入的上升沿动作。
- 当 A 相低电平时，在 B 相脉冲输入的下降沿动作。

- Down 计数器

- 当 B 相高电平时，在 A 相脉冲输入的上升沿动作。
- 当 B 相低电平时，在 A 相脉冲输入的下降沿动作。
- 当 A 相低电平时，在 B 相脉冲输入的上升沿动作。
- 当 A 相高电平时，在 B 相脉冲输入的下降沿动作。

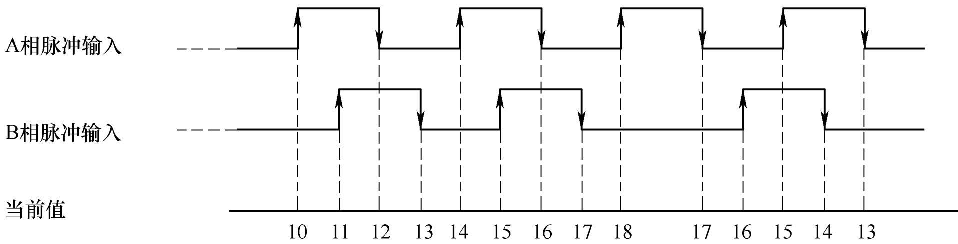


图 7-9　双相脉冲正交模式（乘 4）

2. 西门子 S7-200 的高速计数器

在 S7-200 中，可以使用高速计数器定义指令来定义计数器的模式和输入，高速计数器的输入点和模式见表 7-1。同一个输入点不能用于两个不同的功能，但是任何一个没有被高速计数器的当前模式使用的输入点，都可以被用作其他用途。

表 7-1　高速计数器的输入点和模式

模式	中断描述	输入点			
	HSC0	I0.0	I0.1	I0.2	
	HSC1	I0.6	I0.7	I1.0	I1.1
	HSC2	I1.2	I1.3	I1.4	I1.5
	HSC3	I0.1			
	HSC4	I0.3	I0.4	I0.5	
	HSC5	I0.4			
0	带有内部方向控制的单相计数器	时钟			
1		时钟		复位	
2		时钟		复位	启动
3	带有外部方向控制的单相计数器	时钟	方向		
4		时钟	方向	复位	
5		时钟	方向	复位	启动
6	带有增减计数时钟的双相计数器	增时钟	减时钟		
7		增时钟	减时钟	复位	
8		增时钟	减时钟	复位	启动
9	A/B 相正交计数器	时钟 A	时钟 B		
10		时钟 A	时钟 B	复位	
11		时钟 A	时钟 B	复位	启动
12	只有 HSC0 和 HSC3 支持模式 12， HSC0 计数 Q0.0 输出的脉冲数， HSC3 计数 Q0.1 输出的脉冲数				

在理解高速计数器的详细时序时，还必须注意复位和启动的操作。图 7-10 所示的复位和启动操作适用于使用复位和启动输入的所有模式，且都被编程为高电平有效。

在访问高速计数器时，需要指定其地址，同时使用存储器类型 HC 和计数器号（例如 HC0）。在 S7-200 中，高速计数器的当前值是只读值特性，以双字 32 位来分配，如图 7-11 所示。

图 7-12 和图 7-13 所示是 S7-200 高速脉冲信号的两种输入方式。

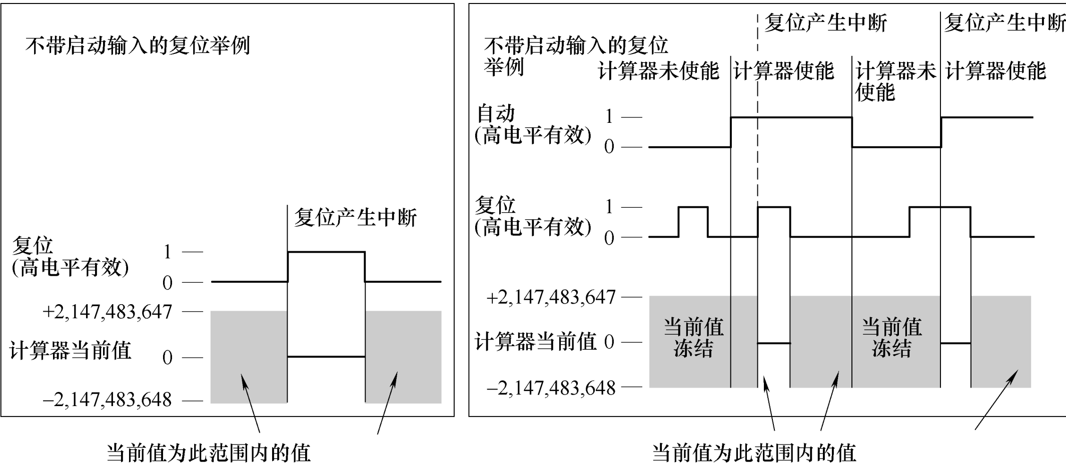


图 7-10　带有或者不带有启动输入的复位操作

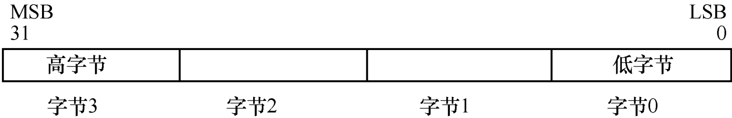


图 7-11　高速计数器的双字分配

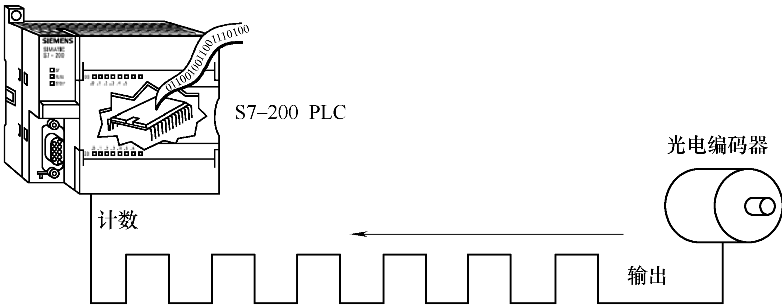


图 7-12　S7-200 高速脉冲信号输入方式一

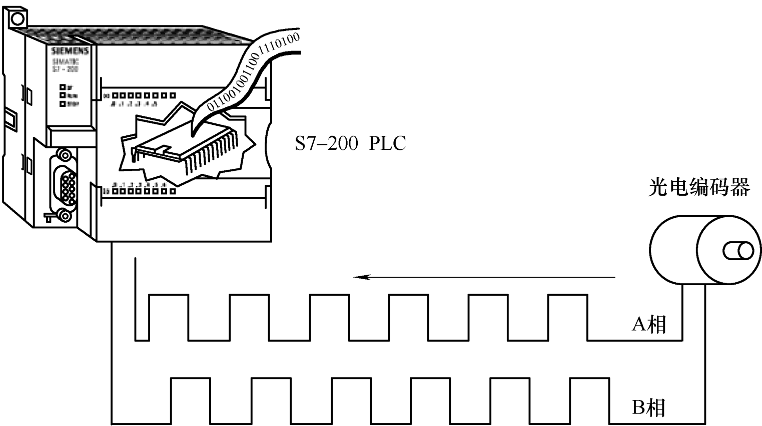


图 7-13　S7-200 高速脉冲信号输入方式二

7.2　高速输入编程

1. HDEF 和 HSC 指令

（1）HDEF 指令

如图 7-14 所示的高速计数器定义（HDEF）指令选择特定的高速计数器（HSCx）的操作模式。模式选择定义高速计数器的时钟、方向、起始和复原功能。用户可以为每个高速计数器使用一条“高速计数器定义”指令（除了 CPU 221 和 CPU 222 不支持 HSC1 和 HSC2）。

（2）HSC 指令

高速计数器 HSC 指令（见图 7-15）根据 HSC 特殊内存位的状态配置控制高速计数器。参数 N 指定高速计数器的号码。高速计数器最多可配置为十二种不同的操作模式。每个计数器在功能受支持的位置有专用时钟、方向控制、复原和起始输入。

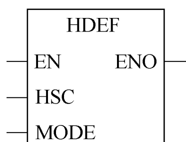


图 7-14　HDEF 指令

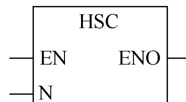


图 7-15　HSC 指令

对于双相计数器，两个时钟均可按最高速度运行。在正交模式中，可以选择一倍\（1x）或四倍（4x）的最高计数速率。所有的计数器按最高速率运行，而不会相互干扰。其中，CPU 221 和 CPU 222 支持 4 台高速计数器（HSC0、HSC3、HSC4、HSC5）；CPU 224、CPU224XP、CPU 226 支持 6 个高速计数器（HSC0 ~ HSC5）。

2. 测速应用案例

在某离心机中，为了直观地了解离心水洗机进料或出料的速度，需要在落布架的转动轴处安装一个带齿轮的码盘，并配接一个电感式传感器，来获取齿轮变化的规律。落布速度的测量如图 7-16 所示。

当 PLC 的高速输入端子接收到电感式传感器的脉冲后，进行计算，可以直接转化为转动轴的运行速度。电气接线如图 7-17 所示。

落布架速度的测量分主程序、子程序和中断程序三部分。

落布架测速主程序如图 7-18 所示。

落布架测速子程序如图 7-19 所示。

落布架测速中断程序如图 7-20 所示，其中速度单位的转换根据实际情况而定。

3. HSC 向导

在 S7-200 编程环境中，选择菜单命令工具（T）→指令向导 HSC；或点击浏览条中的指令向导图标，然后选择 HSC；或打开指令树中的“向导”文件夹并随后打开 HSC 向导。

使用 HSC 向导的步骤为：选择计数器类型和操作模式；指定初始参数；程序中断事件/多步操作；生成代码。

下面介绍 HSC 向导使用案例。

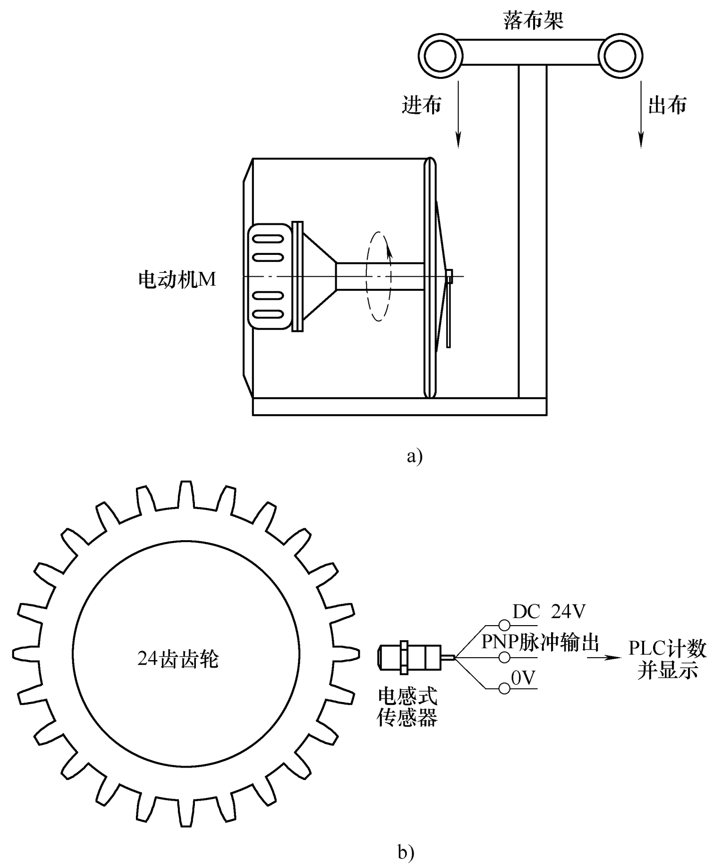


图 7-16　落布速度的测量

a）离心机　b）落布速度测量

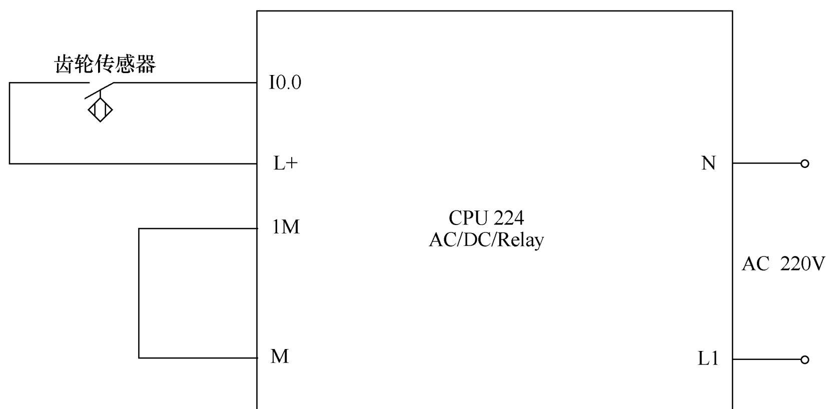


图 7-17　电气接线

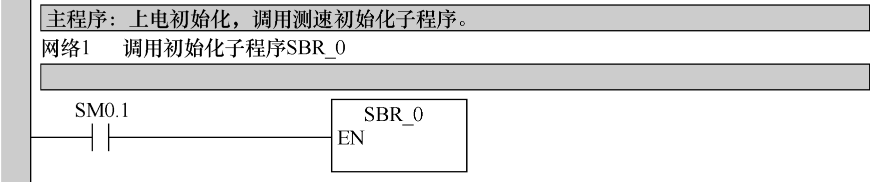


图 7-18　落布架测速主程序

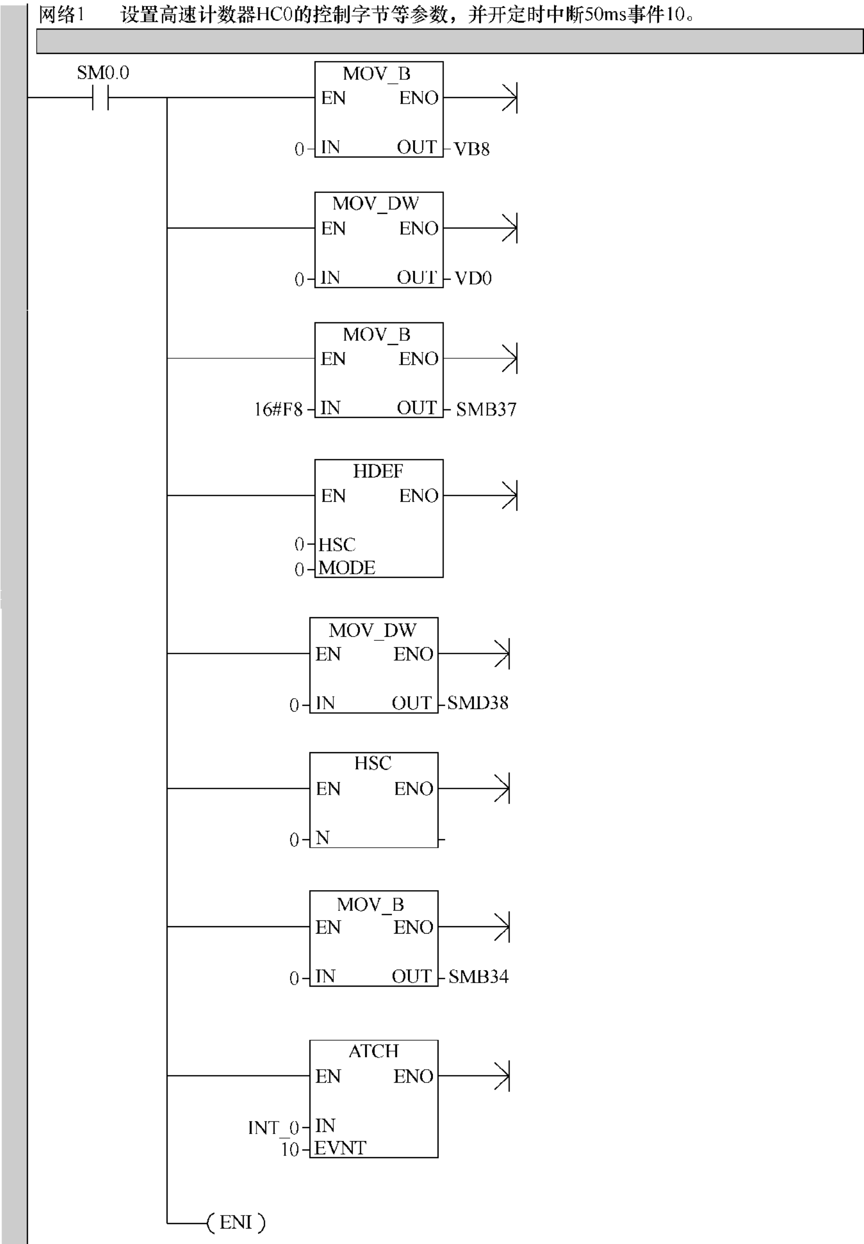


图 7-19　落布架测速子程序

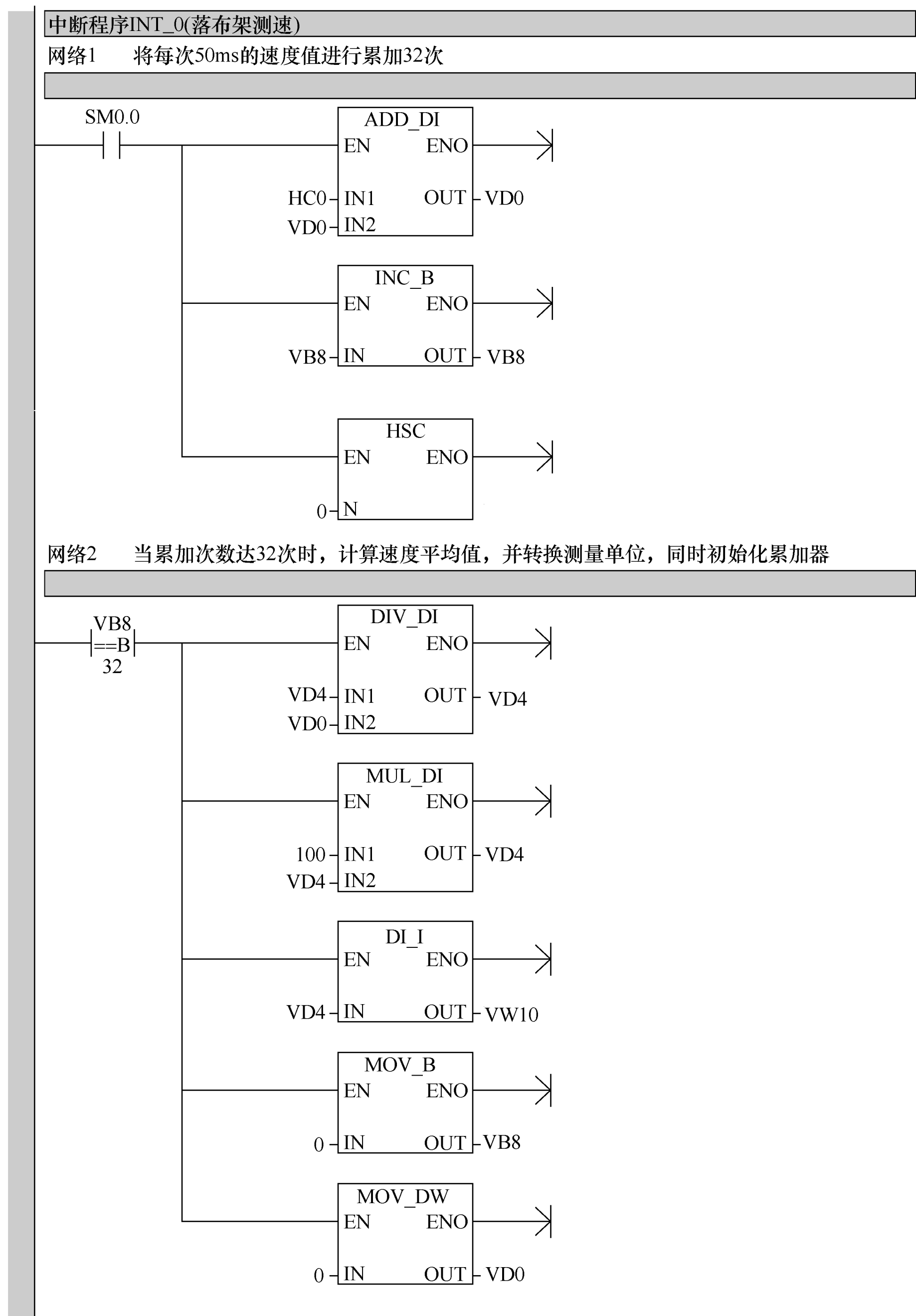


图 7-20　落布架测速中断程序

（1）选择计数器类型和操作模式

选择计数器类型和操作模式如图 7-21 所示，从列表框选择操作模式，根据选择的计数器决定它可用的模式。

（2）指定初始参数

指定初始参数如图 7-22 所示。初始化参数包括：向导为子程序指定一个默认名称，用户也可以指定一个不同的名称，但请勿使用现有子程序名称；为计数器 CV 和 PV 指定一个

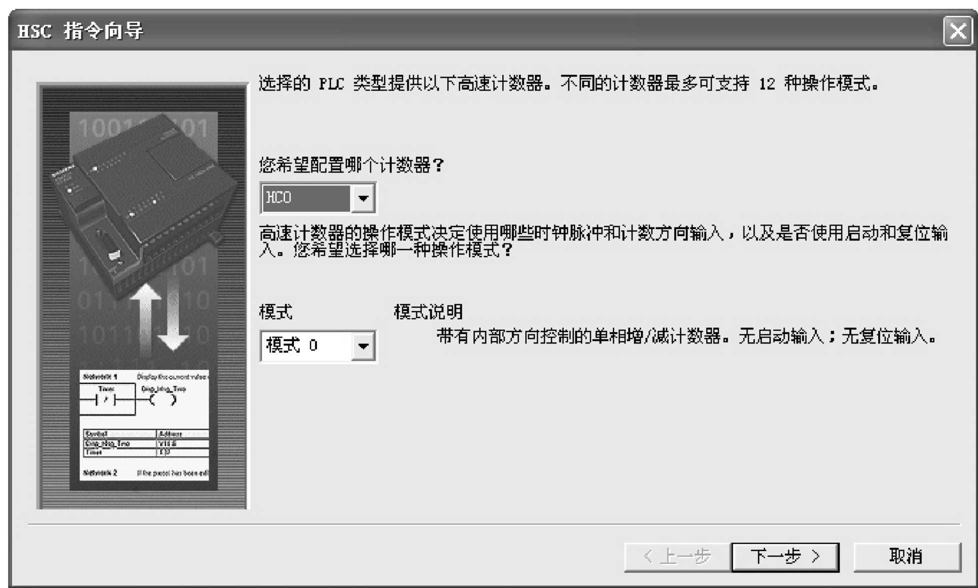


图 7-21　选择计数器类型和操作模式

双字地址、全局符号或整数常数；指定初始计数方向。

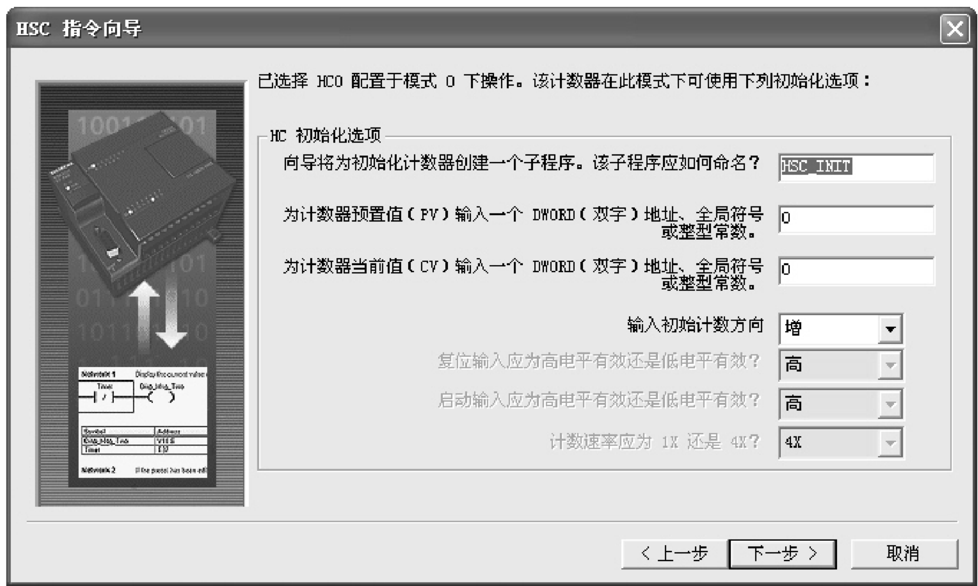


图 7-22　指定初始参数

（3）程序中断事件/编程多步操作

计数器类型和操作模式选择决定可用的中断事件。当用户选择对当前数值等于预置值事件（CV = PV）进行编程时，向导允许指定多步计数器操作。程序中断事件/编程多步操作如图 7-23 所示。

图 7-24 所示的 HSC 向导举例说明了一个简化的、3 个步骤的 HSC 应用。

SBR 0：该子程序包含计数器初始化。计数器的当前值被指定为 0（CV = 0）。计数器的预置值被指定为 1000（PV = 1000）。计数方向为 UP（向上）。事件 12（HSC0 CV =

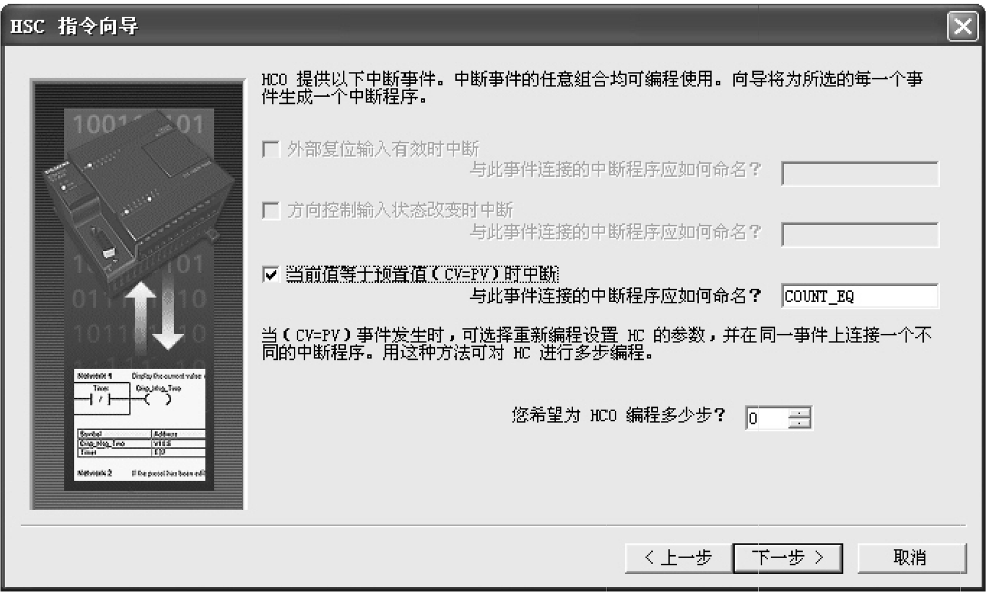


图 7-23　程序中断事件/编程多步操作

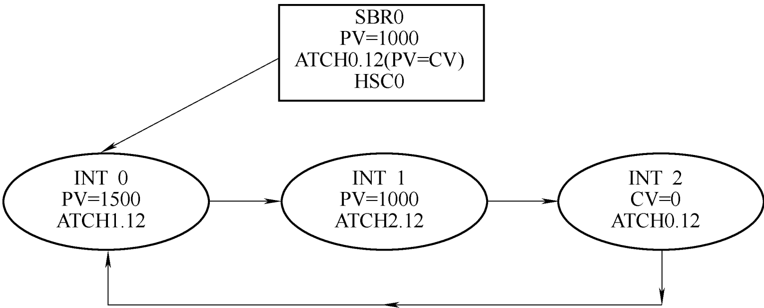


图 7-24　HSC 向导举例

PV）被连接至 INT 0，计数器被启动。

INT 0：当计数器达到第一个预置值 1000 时，执行 INT 0。计数器预置值被更改为 1500，方向不变。事件 12（HSC0 CV ＝ PV）被重新连接至 INT1，计数器被重新启动。

INT 1：计数器再次达到预置值（1500）时，执行 INT 1。此时，将预置值更改成 1000（PV ＝ 1000），将计数方向更改为 DOWN（减），将 INT 1 连接至事件 12（HSC0 CV ＝ PV），并重新启动计数器。

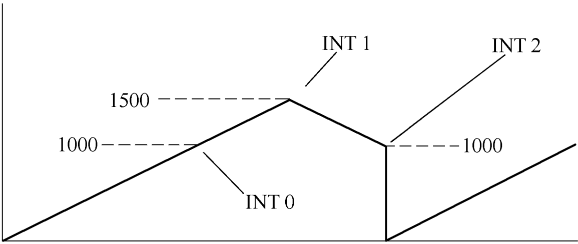


图 7-25　计数器当前值随时间的变化

INT 2：当计数器向下计数至预置值 1000 时，执行 INT 2。此时，将当前值设为 0（CV ＝ 0），并将计数方向更改为 UP（增）。事件 12 被重新连接至 INT 0，至此完成了计数器操作的循环。

图 7-25 所示为计数器当前值随时间的变化。每个（CV ＝ PV）中断事件均标有该事件

调用的 INT 程序。

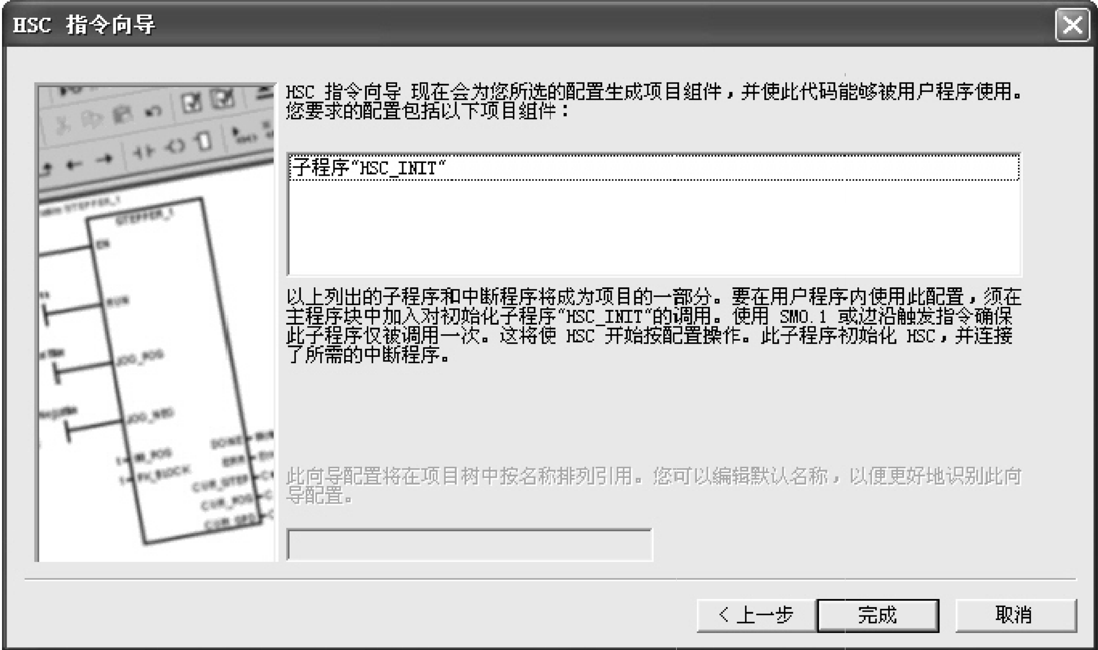


图 7-26　生成代码

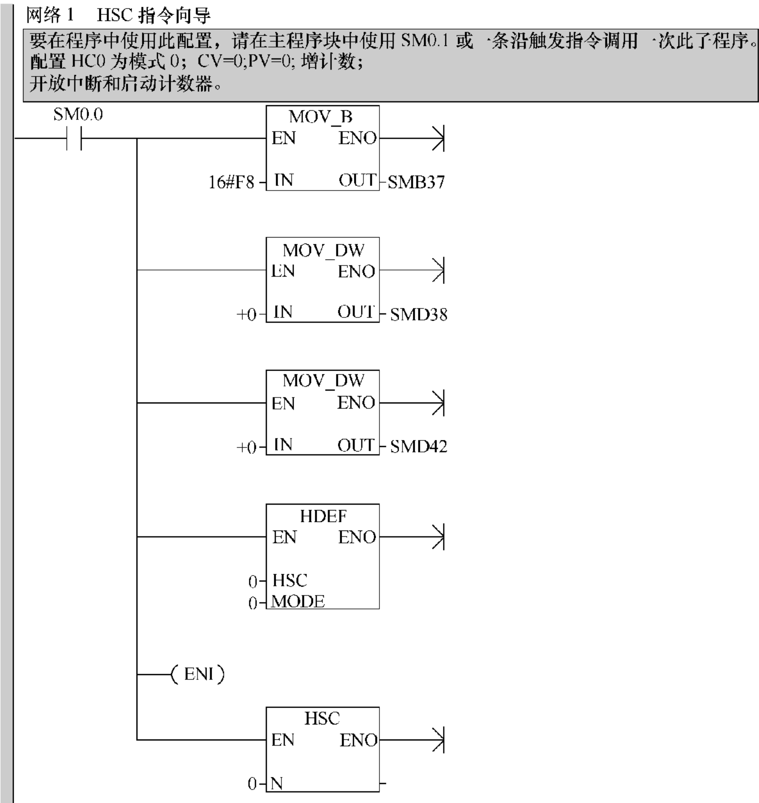


图 7-27　HSC 生成的子程序代码

（4）生成代码

完成 HSC 参数配置后，可以检查计数器使用的子程序/中断程序列表。生成代码如图 7-26所示，在点击“完成”按钮后，允许向导为 HSC 生成必要的程序代码。代码包括用于高速计数器初始化的子程序。另外，为用户选择编程的每一个事件生成一个中断程序。对于多步应用，则为每一个步生成一个中断程序。

当然要使能计数器操作，必须从主程序中调用包含初始化代码的子程序（见图 7-27），如使用 SM0. 1 或沿触发指令确保该子程序仅被调用一次。

7.3 高速脉冲输出及其编程

1. 脉冲量输出和位置控制

小型 PLC 的脉冲量输出一般都采用晶体管输出形式，用于支持位置控制功能。位置控制功能的目的是通过速度的设定从当前位置转移物体到正确地停止在预设位置。当连接到不同的伺服驱动装置或步进电动机控制驱动装置，通过脉冲信号控制位置的高精确度，高速脉冲输出功能如图 7-28 所示。

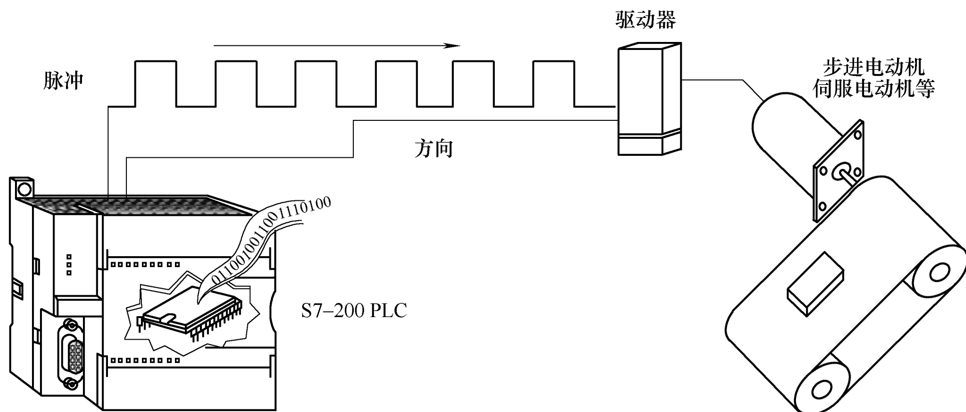


图 7-28　高速脉冲输出功能

S7-200 的高速脉冲输出包括脉冲串输出 PTO 和脉冲调制输出 PWM，前者可以输出一串脉冲（占空比为50%），用户可以控制脉冲的周期和个数（见图 7-29a）；后者可以输出连续的、占空比可以调制的脉冲串，用户可以控制脉冲的周期和脉宽（见图 7-29b）。

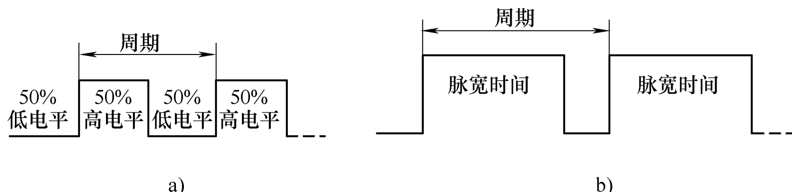


图 7-29　高速脉冲 PTO 和 PWM

S7-200 的高速脉冲硬件发生器有两个，即 Q0. 0 和 Q0. 1。在使用 PTO 和 PWM 操作之前，需要将两者的过程映像寄存器清零；在高速脉冲输出过程中，输出负载至少为 10% 的额定负载，才能提供陡直的上升沿和下降沿。

PTO/PWM 发生器的多段管线功能在许多应用中非常有用，尤其在步进电动机控制中。例如，可以用带有脉冲包络的 PTO 控制一台步进电动机来实现一个简单的加速、匀速和减速过程或者一个由最多 255 段脉冲包络组成的复杂过程，而其中每一段包络都是加速、匀速和减速过程。

2. 位置控制模块 EM253

除了 S7-200 PLC 自带的高速输出脉冲之外，EM253 位置控制模块（见图 7-30）还可以为用户提供单轴、开环位置控制所需要的功能和特性。

EM253 模块的特点如下：

1）提供高速控制，速度从每秒 20 个脉冲到每秒 20 万个脉冲；

2）支持急停（S 曲线）或线性的加速、减速功能；

3）提供可组态的测量系统，既可以使用工程单位（英寸或厘米），也可以使用脉冲数；

4）提供可组态的啮合间隙补偿；

5）支持绝对、相对和手动的位控方式；

6）提供多达 25 组的移动包络，每组最多可以有四种速度；

7）提供四种不同的参考点寻找模式，每种模式都可对起始的寻找方向和最终的接近方向进行选择。

使用 STEP 7—Micro/WIN 可生成位控模块所使用的全部组态和移动包络信息，这些信息和程序块一起下载到 S7-200 中。由于位控模块所需要的信息都存储在 S7-200 CPU 中，所以在更换位控模块时不必重新编程或组态。

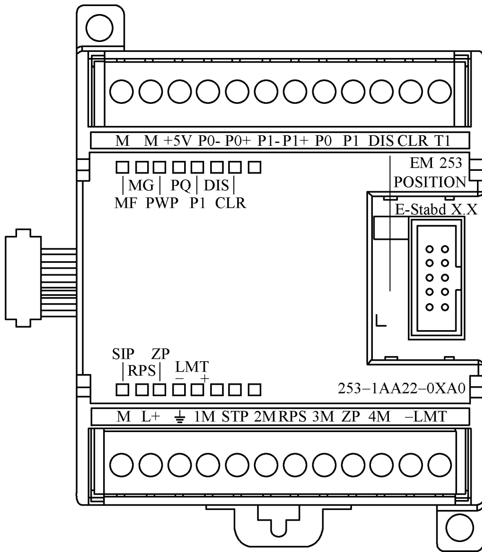


图 7-30　西门子 EM253 位置控制模块

位控模块提供了 5 个数字输入和 4 个数字输出与用户的运动控制应用相连，这些输入输出位于位控模块上，见表 7-2。

表 7-2　位控模块 EM253 的输入和输出

信号	描述
STP	STP 输入可让模块停止脉冲输出，在位控向导中可选择您所需要的 STP 操作
RPS	RPS（参考点切换）输入可为绝对运动操作建立参考点或零点位置
ZP	ZP（零脉冲）输入可帮助建立参考点或零点位置，通常，电动机驱动器/放大器每周产生一个 ZP 脉冲
LMT + LMT −	LMT + 和 LMT − 是运动位置的最大限制，位控向导中可以组态 LMT + 和 LMT − 输入
P0 P1 P0 +，P0 − P1 +，P1 −	P0 和 P1 是漏型晶体管输出，用以控制电动机的运动和方向。P0 +、P0 − 以及 P1 +、P1 − 是差分脉冲输出，与 P0 和 P1 的功能一样，但所提供的信号质量更好，漏型输出和差分输出同时有效，您可以根据电动机驱动器/放大器的接口要求来选择使用哪种输出

（续）

信号	描述
DIS	DIS 是一个漏型输出，用来禁止或使能电动机驱动器/放大器
CLR	CLR 是一个漏型输出，用来清除伺服脉冲计数器

位置控制模块的应用如图 7-31 所示。

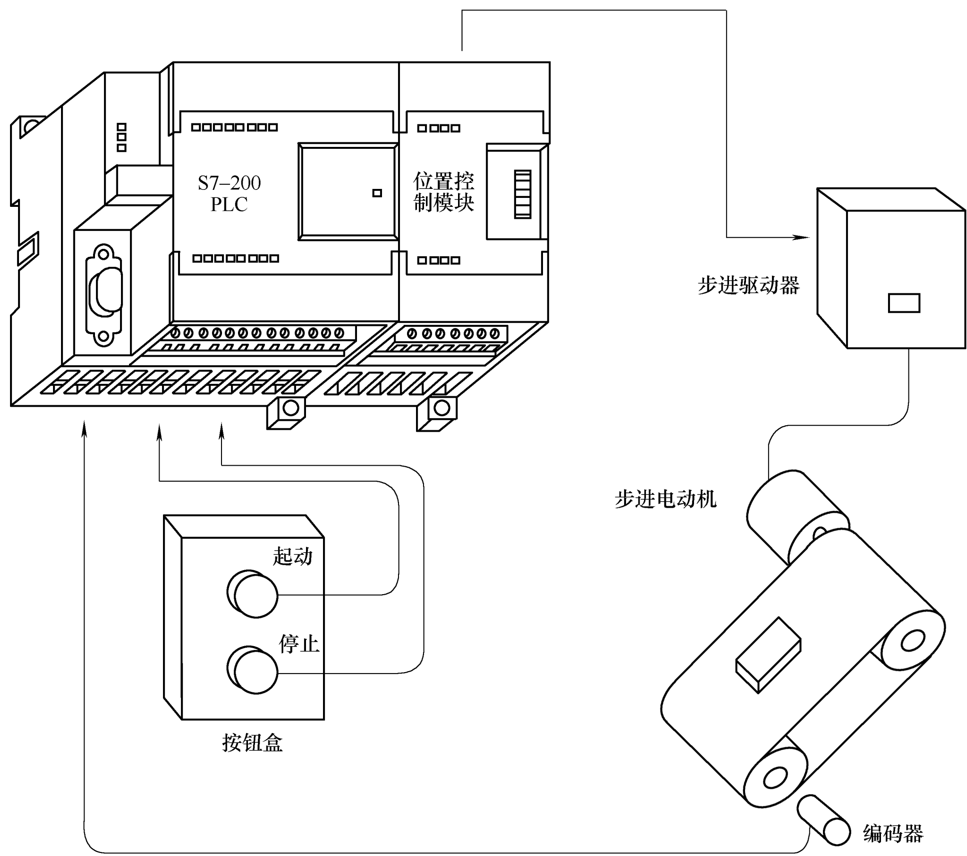


图 7-31　位置控制模块的应用

3. PTO/PWM 指令

（1）PTO/PWM 功能的控制字

SMB66～SMB85 被用于监控和控制 PLC（脉冲）指令的脉冲链输出和脉冲宽度调制功能。PTO/PWM 功能的控制字见表 7-3。

表 7-3　PTO/PWM 功能的控制字

Q0. 0	Q0. 1	状态字节		
SM66. 4	SM76. 4	PTO 包络由于增量计算错误而终止	0 = 无错误；	1 = 终止
SM66. 5	SM76. 5	PTO 包络由于用户命令而终止	0 = 无错误；	1 = 终止
SM66. 6	SM76. 6	PTO 管线上溢/下溢	0 = 无溢出；	1 = 上溢/下溢
SM66. 7	SM76. 7	PTO 空闲	0 = 执行中；	1 = PTO 空闲

（续）

Q0. 0	Q0. 1	控制字节		
SM67. 0	SM77. 0	PTO/PWM 更新周期值	0 = 不更新；	1 = 更新周期值
SM67. 1	SM77. 1	PWM 更新脉冲宽度值	0 = 不更新；	1 = 脉冲宽度值
SM67. 2	SM77. 2	PTO 更新脉冲数	0 = 不更新；	1 = 更新脉冲数
SM67. 3	SM77. 3	PTO/PWM 时间基准选择	0 = 1μs/格；	1 = 1ms/格
SM67. 4	SM77. 4	PWM 更新方法：	0 = 异步更新；	1 = 同步更新
SM67. 5	SM77. 5	PTO 操作：	0 = 单段操作；	1 = 多段操作
SM67. 6	SM77. 6	PTO/PWM 模式选择	0 = 选择 PTO；	1 = 选择 PWM
SM67. 7	SM77. 7	PTO/PWM 允许	0 = 禁止；	1 = 允许
Q0. 0	Q0. 1	其他 PTO/PWM 寄存器		
SMW68	SMW78	PTO/PWM 周期值（范围：2 ~ 65535）		
SMW70	SMW80	PWM 脉冲宽度值（范围：0 ~ 65535）		
SMD72	SMD82	PTO 脉冲计数值（范围：1 ~ 4，294，967，295）		
SMB166	SMB176	进行中的段数（仅用在多段 PTO 操作中）		
SMW168	SMW178	包络表的起始位置，用从 V0 开始的字节偏移表示（仅用在多段 PTO 操作中）		
SMB170	SMB180	线性包络状态字节		
SMB171	SMB181	线性包络结果寄存器		
SMD172	SMD182	手动模式频率寄存器		

PTO/PWM 发生器和过程映像寄存器共用 Q0. 0 和 Q0. 1。PTO 或 PWM 功能在 Q0. 0 或 Q0. 1 位置现用时，PTO/PWM 发生器控制输出，并禁止输出点的正常使用。输出信号波形不受过程映像寄存器状态、点强迫数值、执行立即输出指令的影响。PTO/PWM 发生器非现用时，输出控制转交给过程映像寄存器。过程映像寄存器决定输出信号波形的初始和最终状态，使信号波形在高位或低位开始和结束。

（2）PLS 指令

如图 7-32 所示的脉冲输出（PLS）指令被用于控制在高速输入（Q0. 0 和 Q0. 1）中提供的“脉冲串输出”（PTO）和“脉宽调制”（PWM）功能。PTO 提供方波（50% 占空比）输出，配备周期和脉冲数用户控制功能。PWM 提供连续性变量占空比输出，配备周期和脉宽用户控制功能。

PWM 操作

PWM 功能提供带变量占空比的固定周期输出，PWM 操作如图 7-33 所示。可以微秒或毫秒为时间基准指定周期和脉宽。其中，周期的范围从 10 ~ 65，535μs，或从 2 ~ 65，535ms；脉宽时间范围从 0 ~ 65，535μs 或从 0 ~ 65，535ms。

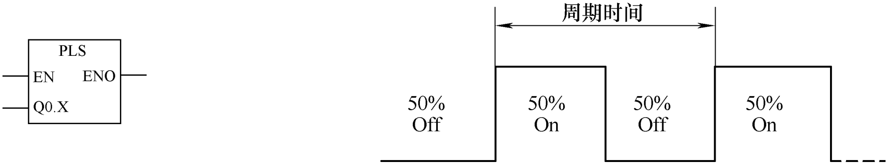


图 7-32　PLS 指令

图 7-33　PWM 操作

设置脉宽等于周期（这使占空比为 100%）使输出连续运行；设置脉宽等于 0（这使占空比为 0）会关闭输出。

有两种不同的方法可改变 PWM 信号波形的特征：同步更新和异步更新。

1）同步更新：如果不要求更改，即可以执行同步更新。执行同步更新时，信号波形特征的变化发生在循环边缘，提供顺利转换。

2）异步更新：此为常见的 PWM 操作，脉宽不同，但周期保持不变。因此，不要求改变。但是，如果要求改变 PTO/PWM 发生器，则应使用异步更新。异步更新使 PTO/PWM 发生器被立即禁用，与 PWM 信号波形异步。这样可能造成控制设备状态暂时不稳。由于此原因，建议使用同步 PWM 更新。选择可用于所有预计周期数值的。

控制字节中的 PWM 更新方法位（SM67. 4 或 SM77. 4）指定更新类型，在执行 PLC 指令时激活改动。请注意，如果改变，则会发生异步更新，无论 PWM 更新方法位的状态如何。

PTO 操作

PTO 为指定的脉冲数和指定的周期提供方波（50% 占空比）输出。PTO 可提供单脉冲串或多脉冲串（使用脉冲轮廓）。您指定脉冲数和周期（以微秒或毫秒递增）。

周期范围从 10 ~ 65 ,535μs 或从 2 ~ 65 ,535ms。

脉冲计数范围从 1 ~ 4 ,294 ,967 ,295 次脉冲。

为周期指定基数微秒或毫秒（例如 75ms）会引起占空比的失真。

状态字节（SM66. 7 或 SM76. 7）中的 PTO 空闲位表示编程脉冲串已完成。另外，也可在脉冲串完成时激活中断例行程序。如果使用多段操作，则在轮廓表完成时立即激活中断例行程序。PTO 功能允许脉冲串链接或管线作业。现用脉冲串完成时，新的脉冲串输出立即开始。这样就保证了随后的输出脉冲串的连续性。

（3）PTO 包络图计算

对于 PTO 输出的多段管线，可以参考表 7-4 所示的多段 PTO 包络表格式。

表 7-4　多段 PTO 包络表格式

字节偏移量	包络段数	描述
0		段数到 255
1	#1	初始周期（2 ~ 65535 时间基准单位）
3		每个脉冲的周期增量（有符号值）（ – 32768 ~ 32767 时间基准单位）
5		脉冲数（1 ~ 4294967295）
9	#2	初始周期（2 ~ 65535 时间基准单位）
11		每个脉冲的周期增量（有符号值）（ – 32768 ~ 32767 时间基准单位）
13		脉冲数（1 ~ 4294967295）
（连续）	#3	（连续）

图 7-34 所示的实例给出的 PTO 包络表值要求产生一个输出波形，该波形包括三段：步进电动机加速（第一段）、步进电动机匀速（第二段）、步进电动机减速（第三段）。

对于该例，假定需要 4000 个脉冲达到要求的电动机转动数，启动和结束频率是 2kHz，最大脉冲频率是 10kHz。由于包络表中的值是用周期表示的，而不是用频率，需要把给定的频率值转换成周期值。所以，启动和结束的脉冲周期为 500μs，最高频率的对应周期是

100μs，在输出包络的加速部分，要求在 200 个脉冲左右达到最大脉冲频率。对于包络的减速部分，也在 400 个脉冲内完成。

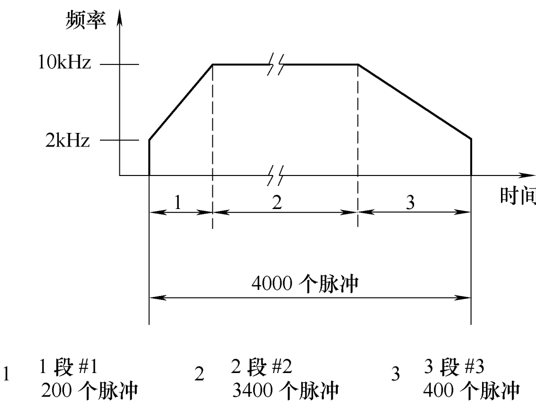


图 7-34　步进电动机控制时序

在该例中，使用一个简单公式计算 PTO/PWM 发生器用来调整每个脉冲周期所使用的周期增量值：

给定段的周期增量 = | ECT - ICT | /Q

式中　ECT——该段结束周期时间；

ICT——该段初始化周期时间；

Q——该段的脉冲数量。

利用该公式可以得出：加速部分（第一段）的周期增量是 -2；匀速部分（第二段）的周期增量是 0；减速部分（第三段）的周期增量是 1。假定包络表存放在从 VB500 开始的 V 存储区中，产生所要求波形的值见表 7-5。

表 7-5　产生所要求波形的值

V 存储器地址	值	中断描述	
VB500	3	总段数	
VW501	500	初始周期	段#1
VW503	-2	周期增量	
VD505	200	脉冲数	
VW509	100	初始周期	段#2
VW511	0	周期增量	
VD513	3400	脉冲数	
VW517	100	初始周期	段#3
VW519	1	周期增量	
VD521	400	脉冲数	

当然，对于同一段的周期计算和持续时间还可以采用叠代等方法。

4. PTO/PWM 向导

使用 PTO/PWM 向导（见图 7-35）可以方便地解决 PTO 输出包络图的计算问题和复杂的参数设置。

采用向导进行编程一般都按照以下步骤进行：

1）指定一个脉冲发生器；

2）编辑现有 PTO 或 PWM 配置；

3）选择 PTO 或 PWM，并选择时基；

4）指定电动机速度；

5）设置加速和减速时间；

6）配置位置轮廓；

7）启动轮廓数据的 V 内存地址；

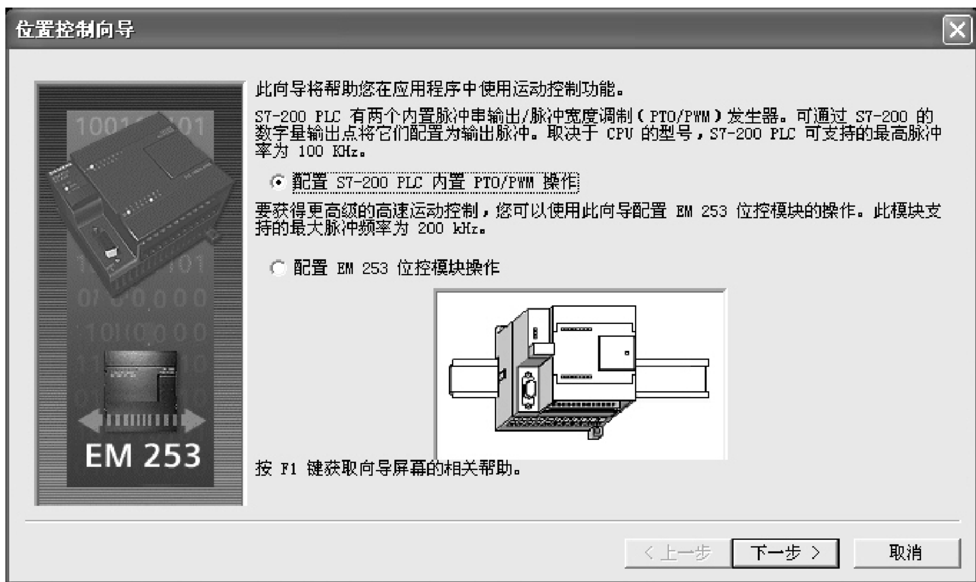


图 7-35　PTO/PWM 向导

8）生成项目代码。

以下是 PTO/PWM 向导应用例举。

（1）指定一个脉冲发生器

S7-200 PLC 有两个脉冲发生器，即 Q0.0 和 Q0.1，按图 7-36 所示指定希望配置的发生器。



图 7-36　指定希望配置的发生器

（2）编辑现有 PTO 或 PWM 配置

如果项目中已有一个配置，可以从项目中删除该配置，或者将现有配置移至另一个脉冲发生器。如果项目中没有配置，则继续执行下一步骤。

（3）选择 PTO 或 PWM，并选择时间基准

选择为脉冲串输出（PTO）或脉冲宽度调制（PWM）配置脉冲发生器，如图 7-37 和图 7-38 所示。就 PTO 模式而言，可以启用高速计数器，计算输出脉冲数目；就 PWM 模式而言，需要为周期时间和脉冲宽度选择一个时间基准（微秒或毫秒）。



图 7-37　PTO 模式操作



图 7-38　PWM 模式操作

（4）指定电动机速度

指定电动机速度如图 7-39 所示，为用户的工程应用指定最高速度（MAX_SPEED）和开始/停止速度（SS_SPEED）。

MAX_SPEED：在电动机扭矩能力范围内输入应用的最佳工作速度。驱动负载所需的转

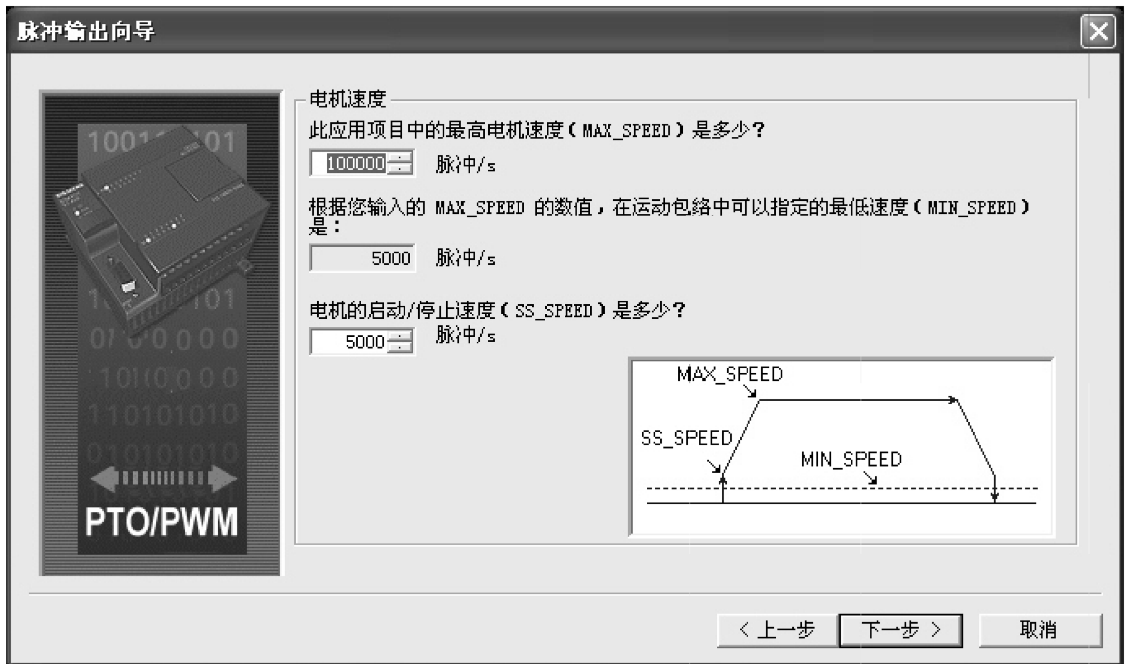


图 7-39　指定电动机速度

矩由摩擦力、惯性和加速/减速时间决定。位置控制向导会计算和显示由位控模块为指定的 MAX_SPEED 所能够控制的最低速度。

SS_SPEED：在电动机的能力范围内输入一个数值，以低速驱动负载。如果 SS_SPEED 数值过低，电动机和负载可能会在运动开始和结束时颤动或跳动。如果 SS_SPEED 数值过高，电动机可能在启动时丧失脉冲，并且在尝试停止时负载可能过度驱动电动机。

MIN_SPEED 值由计算得出，用户不能在此域中输入其他数值。图 7-40 所示为 MAX_SPEED 与 SS_SPEED 速度示意。

电动机数据单有指定电动机和给定负载开始/停止（或拉入/拉出）速度的不同方法。通常，有用的 SS_SPEED 数值是 MAX_SPEED 数值的 5% ~15% 。SS_SPEED 数值必须大于由用户对 MAX_SPEED 的规定所显示的最低速度。

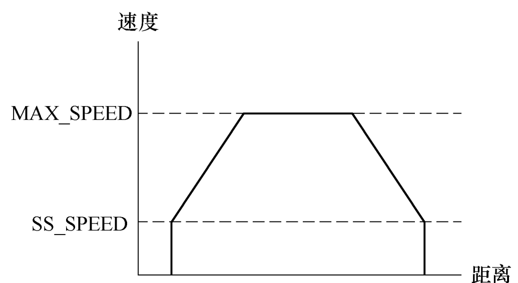


图 7-40　MAX_SPEED 与 SS_SPEED 速度示意

图 7-41 所示是一条典型的电动机扭矩/速度曲线。

（5）设置加速和减速时间

如图 7-42 所示为设置加速和减速时间，并以毫秒（ms）为单位指定下列时间：

ACCEL_TIME：电动机从 SS_SPEED 加速至 MAX_SPEED 所需要的时间，默认值 = 1000 ms；

DECEL_TIME：电动机从 MAX_SPEED 减速至 SS_SPEED 所需要的时间，默认值 = 1000 ms。

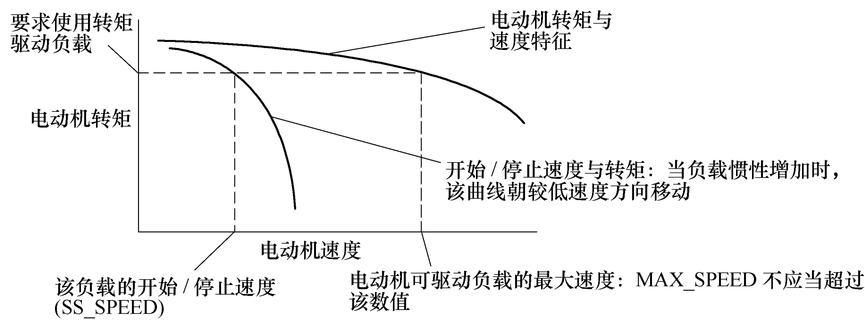


图 7-41　典型的电动机扭矩/速度曲线

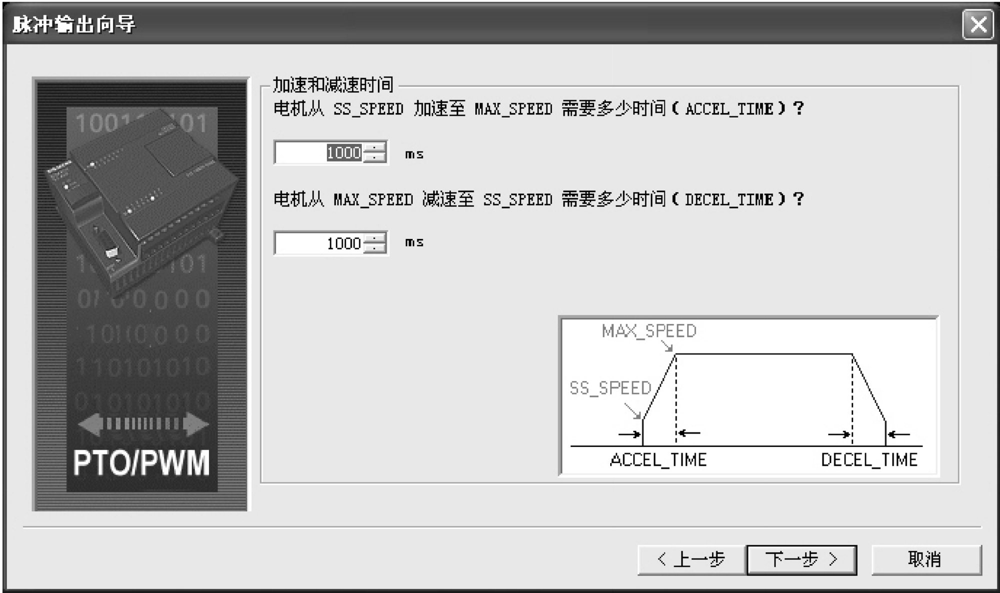


图 7-42　设置加速和减速时间

加速时间和减速时间的默认设置均为 1s。通常，电动机所需时间不到 1s。

电动机加速和减速时间由反复试验决定。用户应当在开始时用位置控制向导输入一个较大的数值。当测试应用时，请根据要求调整有关数值。请通过逐渐减少时间直至电动机开始停顿的方法，优化该应用的设置。

（6）定义每个已配置的轮廓

如图 7-43 所示，选定要配置的每个轮廓会被指定一个符号名。在此定义的符号名是在 PTOx_RUN 子程序中输入的参数。

针对每个轮廓，必须选取下列参数：

1）操作模式：根据操作模式（相对位置或单速连续旋转）配置此轮廓。如果选择单速连续旋转，必须输入一个目标速度。图 7-44 所示为不同的操作模式。

2）轮廓的步骤：步骤是工具移动的固定距离，包括在加速时间和减速时间所走过的距离。每个轮廓最多可有 4 个单独步骤。为每个步骤指定目标速度和结束位置。如果有不止一个步骤，请单击“新步”按钮，然后为轮廓的每个步骤输入此信息。图 7-45 所示为 4 个可能的轮廓，但还可能有其他组合。

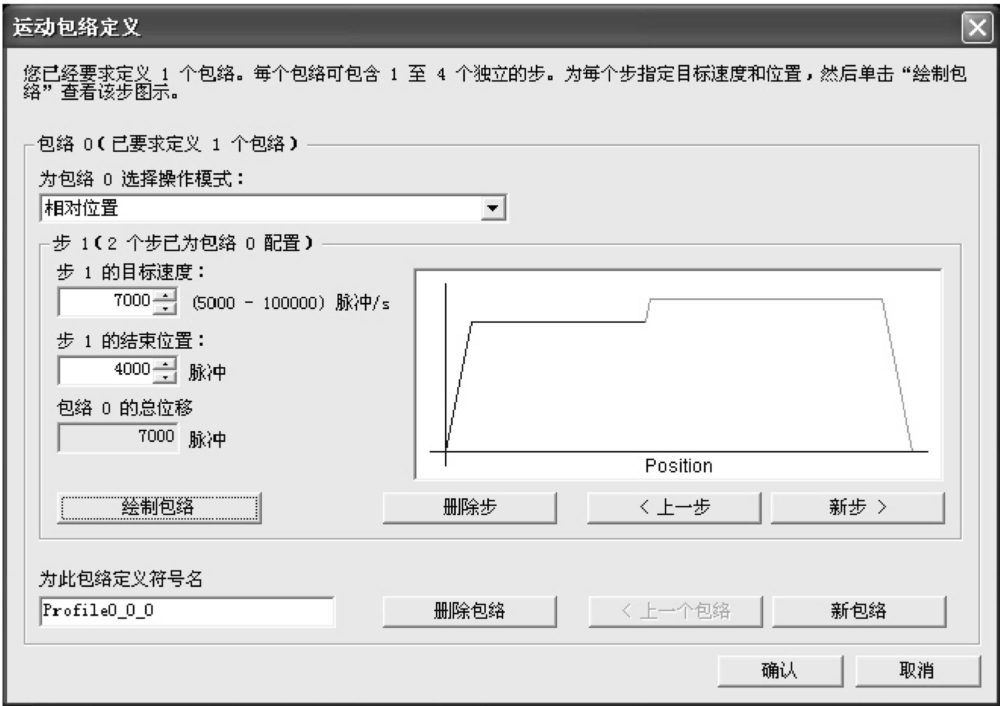


图 7-43　定义每个已配置的轮廓

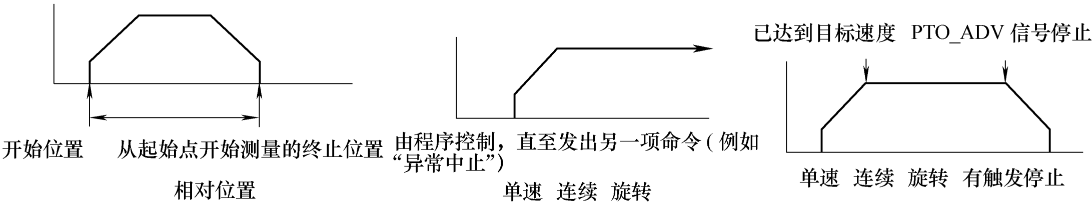


图 7-44　不同的操作模式

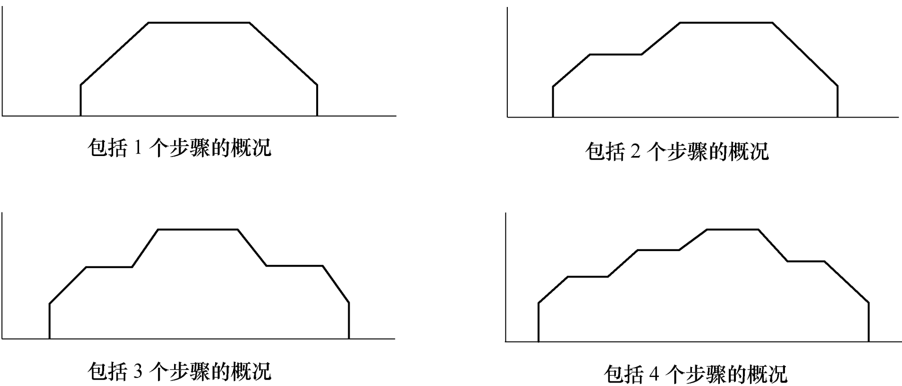


图 7-45　4 个可能的轮廓

只需点击“绘制包络”按钮，即可查看根据位置控制向导的计算做出的此步骤之图形表示。这使您可轻易且互动地查看和编辑每个步骤。位置控制向导也使您可通过在定义轮廓时输入一个符号名，为每个轮廓定义符号名。

在完成轮廓的配置后，可以将它保存至配置。用户所有配置和轮廓信息都存储于数据块 V 内存赋值的 PTOx_data 页内。

（7）设定轮廓数据的起始 V 内存地址

PTO 向导在 V 内存中以受保护的数据块页形式生成 PTO 轮廓模板（见图 7-46）。PWM 向导不使用 V 内存模板。

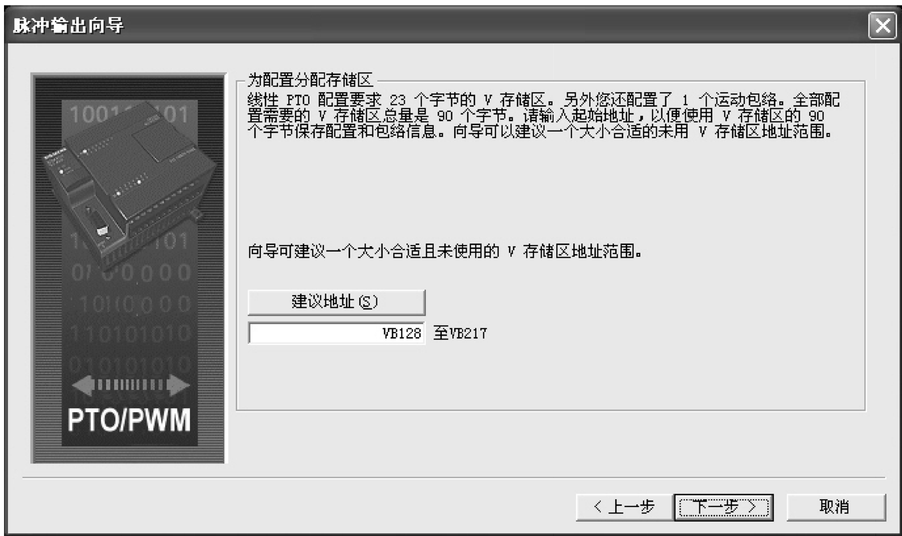


图 7-46　设定轮廓数据的起始 V 内存地址

（8）生成项目代码（见图 7-47）

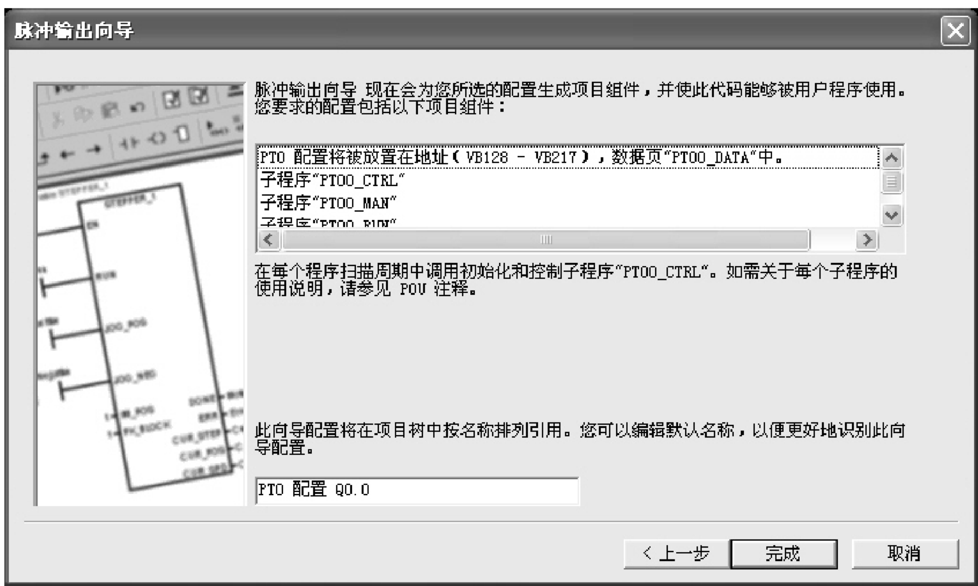


图 7-47　生成项目代码

PTO 配置的项目组件包括以下内容：

PTOx_CTRL（初始化和控制 PTO 操作）：应在每次程序扫描时（于 EN 输入处）启用，并且由子程序调用而在程序中只执行一次。

PTOx_RUN（运行 PTO 轮廓）：用于执行特定运动轮廓，当用户定义了一个或多个运动轮廓后，此子程序将为 PTO 向导配置生成。

PTOx_MAN（手动 PTO 模式）子程序：可用来在程序控制下指挥脉冲发生。

PTOx_LDPOS（载入位置）子程序：用于将某当前位置参数载入 PTO 操作。当用户选取了脉冲计数的高速计数器时，PTO 向导会创建此子程序。

PTOx_ADV（前进）子程序：会停止当前的连续运动轮廓并按照在向导轮廓定义中规定的脉冲数前进。如果已在位置控制向导中指定了至少一个启用 PTOx_ADV 选项的单速连续旋转，此子程序就会得到创建。

PTOx_SYM（全局符号表）：用于 PTO 向导配置中使用的变量。

PTOx_Data（数据块页）：由向导配置使用的 V 内存数据，此数据包含参数表和运动轮廓定义。

7.4　高速输入输出应用案例：光电纠偏控制系统

1. 光电纠偏控制系统概述

光电纠偏控制系统即边缘位置检测与控制系统，是对薄型软物料在传送过程中水平方向位置偏移进行控制的系统，具有自动检测、自动跟踪、自动调整等功能。光电纠偏控制系统在收卷端的应用如图 7-48 所示，它能对纸张、薄膜、不干胶带、铝箔等物料的标志线或边缘进行跟踪纠偏，以保证卷绕、分切的整齐。该系统可用于轻工、纺织、印染、印刷等行业。

如图 7-49 所示为一典型的光电纠偏装置，它包括 PLC、机械执行机构、步进电动机及驱动器、光电开关等，其中光电开关检测物料边缘的位置，由步进电动机驱动器、步进电动机、丝杠、拖板等组成执行机构，完成对物料的牵引，修正物料运行时的偏差，PLC 则是控制的核心。

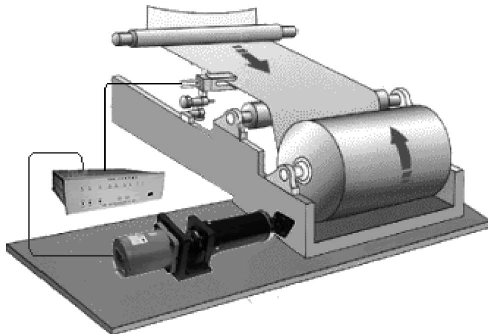


图 7-48　光电纠偏控制系统在收卷端的应用

光电纠偏控制系统中，由光电检测开关检测单边或双边的位置，以拾取位置偏差信号，再将位置偏差信号进行逻辑运算，产生控制信号，用步进电动机驱动机械执行机构（丝杠、拖板等），修正物料运行时的蛇型偏差，控制物料直线运动。在偏差方向上设置左、右限位开关，防止系统失控。

光电纠偏装置的光电检测原理如图 7-50 所示共有三种方式：

1）单边双开关控制时，光电头置于材料一边。使材料边缘处于光电传感器不灵敏区内。优点：控制误差较小，材料宽度变化时，光电头位置可以不变。缺点：如果边缘破损，会强制跟踪导致材料撕断。材料走完，执行机构会跑到极限位置。

2）单边单开关控制时，光电头置于材料一边，使材料边缘处于光电传感器光斑下。优点：控制误差较小，调试简单；材料宽度变化时，光电头位置可以不变。缺点：如果边缘破损，会强制跟踪导致材料撕断；材料走完，执行机构会跑到极限位置；无平衡点，电动机不

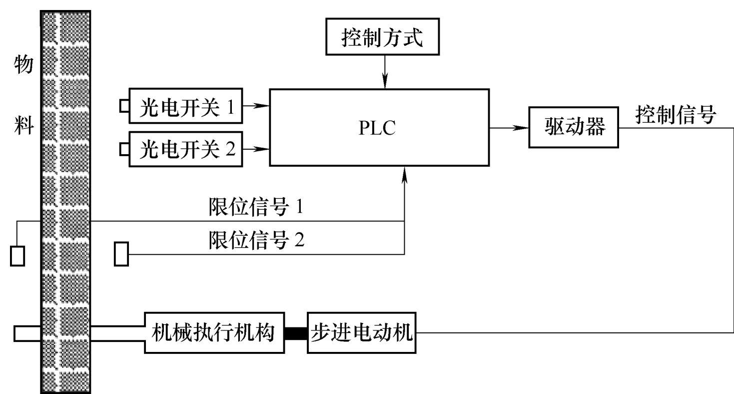


图 7-49　典型的光电纠偏装置

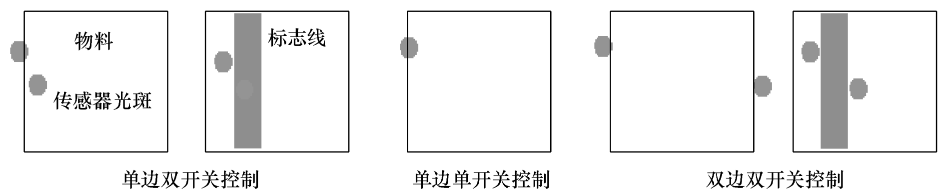


图 7-50　光电纠偏装置的光电检测原理

停转动。

3）双边控制时，用两个光电开关，分别置于材料两边，始终保持两光电头状态相同。优点：如果材料边缘破损，或材料走完，都不影响运行。缺点：如果材料宽度经常变化，就需要经常改变光电头位置，如果两光电头光轴之间的距离与材料宽度不等，则会产生纠偏误差。

2. S7-200 PLC 在光电纠偏控制系统中的硬件设计

在光电纠偏控制系统中，PLC 为核心，包括左右的光电开关与限位开关、手动/自动选择和手动按钮、步进电动机驱动器和步进电动机。如图 7-51 所示为光电纠偏控制系统的 PLC 工作示意。

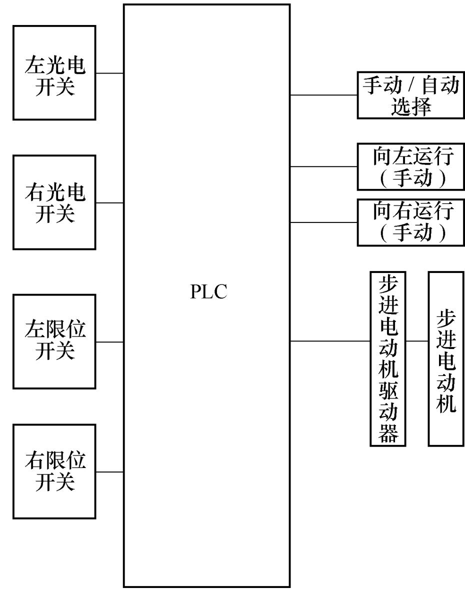


图 7-51　光电纠偏控制系统的 PLC 工作示意

一般的工艺技术指标要求如下：

1）跟踪标志宽度大于 2mm；

2）光电检测开关与物料的距离为 12mm ± 2mm；

3）响应时间为 15ms；

4）灵敏度为 ±0. 2mm；

5）驱动器速度：0 ~ 10mm/s；

6）推动力：50 ~ 500kgf（由电动机的输出功率决定）；

7）位置失控保护；

8）光电开关输出方式：NPN 常开型。

如图 7-52 所示为光电纠偏 PLC 控制系统的电气接线。为了确保 PLC 输出电平（24V）与步进电动机的驱动电平相一致，需要串接 2kΩ 电阻。

图 7-52　光电纠偏 PLC 控制系统的电气接线

在这里对 HB-4020M 细分型步进电动机驱动器进行简单介绍：其驱动电压为 DC12 ~ 32V，适配 4、6 或 8 出线、电流在 2.0A 以下、外径 39 ~ 57MM 型号的二相混合式步进电动机，可运用在对细分精度有一定要求的设备上。图 7-53 所示为 HB-4020M 的外观。

图 7-53　HB-4020M 的外观

HB-4020M 的电气规格见表 7-6。

表 7-6　HB-4020 的电气规格

说明	最小值	推荐值	最大值
供电电压 VDC（2A）	12	24	32
输出相电流（峰值）/A	0.0	—	2.0
逻辑控制输入电流/mA	5	10	30
步进脉冲响应频率/kHz	0	—	100

HB-4020M 的接线端子功能说明见表 7-7。

表 7-7　HB-4020M 的接线端子功能说明

序号	标示	说　　明
1	GND	电源 DC12～32V
2	+V	电源 DC12～32V，用户可根据各自需要选择，一般来说较高的电压有利于提高电动机的高速力矩，但会加大驱动器和电动机的损耗和发热
3	A+	电动机 A 相，A+、A-互调，可更改一次电动机运转方向
4	A-	电动机 A 相
5	B+	电动机 B 相，B+、B-互调，可更改一次电动机运转方向
6	B-	电动机 B 相
7	(+5V)	光电隔离电源，控制信号在+5～+24V 均可驱动，需注意限流，一般情况下，12V 串接 1kΩ 电阻，24V 串接 2kΩ 电阻，驱动器内部电阻为 330Ω
8	PUL	脉冲信号：上升沿有效
9	DIR	方向信号：低电平有效
10	ENA	使能信号：低电平有效

由图 7-52 获得光电纠偏 PLC 系统的 I/O 资源分配见表 7-8。

表 7-8　I/O 资源分配

输入	名称	输出	名称
I0.0	手动 OFF/自动 ON 选择开关	Q0.0	步进电动机 CP 脉冲
I0.1	启动按钮（NO）	Q0.1	步进电动机正反转脉冲
I0.2	停止按钮（NO）	Q0.2	正转指示
I0.3	正反转选择	Q0.3	反转指示
I0.4	左侧光电开关		
I0.5	右侧光电开关		

3. S7-200 PLC 在光电纠偏控制系统中的软件设计

如图 7-54 所示为光电纠偏 PLC 控制系统的控制流程。

本案例使用 PTO/PWM 向导方便地解决了 PTO 输出包络图的计算问题和复杂的参数设置。

光电纠偏主程序如图 7-55 所示。

光电纠偏中断子程序如图 7-56 所示。

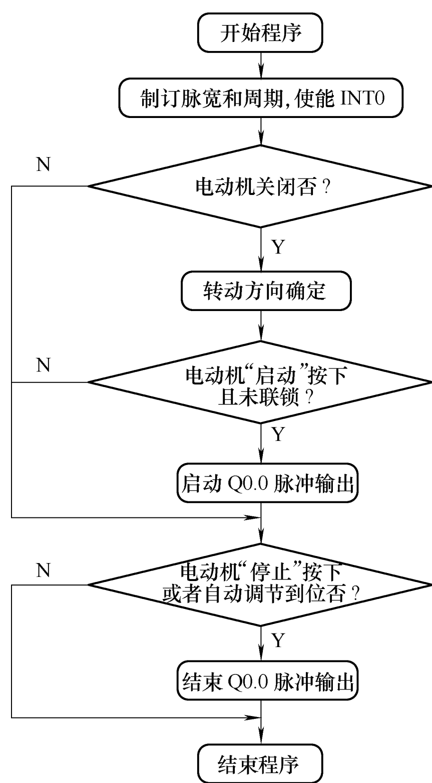
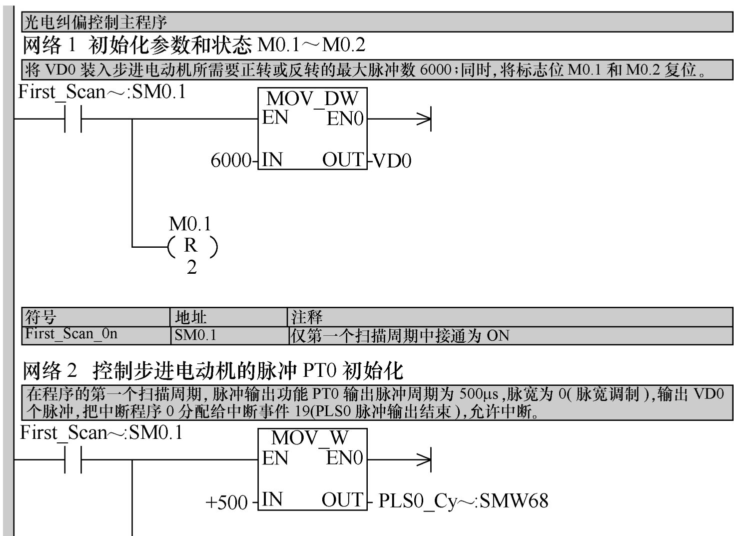


图 7-54　光电纠偏 PLC 控制系统的控制流程



a）

图 7-55　光电纠偏主程序

MOV_W
EN ENO
+0 - IN OUT - PWM0_P～:SMW70

MOV_DW
EN ENO
VD0 - IN OUT - PT00_PC:SMD72

ATCH
EN ENO
INT_0:INT0 - INT
19 - EVNT

(ENI)

符号	地址	注释
First_Scan_On	SM0.1	仅第一个扫描周期中接通为ON
INT_0	INT0	光电纠偏控制中断程序
PLS0_Cycle	SMW68	PT0Q0/PWM0周期时间值:字数据类型(2至65.535个时基单位)
PTO0_PC	SMD72	PTQ0脉冲计数值:双字整数(1至2^32−1)
PWM0_PW	SMW70	PWM0脉冲宽度值:字数据类型(0至65.535个时基单位)

网络3 光电纠偏控制自动状态

当手动/自动选择开关打为ON时 M0.0=1

I0.0 —| |— M0.0 ( )

网络4 手动下，设置光电纠偏步进电动机旋转方向

通过输入I0.3的开关来选择选择方向。如果I0.3=1，将输出Q0.1置成高电位，那么电动机逆时针转动；如果I0.3=0将输出Q0.1置成低电位，那么电动机顺时针转动。为保护电动机避免漏步，电动机转动方向的改变只能在电动机处于停止状态(M0.1=0)时进行。PLC输出高电平信号脉冲，表示反向。PLC输出低电平信号脉冲，表示正向。

M0.0 —|/|— M0.1 —|/|— M0.3 —| |— Q0.1 (S) 1
M0.1 —|/|— I0.3 —|/|— Q0.1 (R) 1

网络5 自动下，设置光电纠偏步进电动机旋转方向

在自动清空下，检测I0.4和I0.5的位置，如果I0.4光电开关感应动作，则PLC输出低电平，表示正向；I0.5则表示反向。

M0.0 —| |— M0.1 —|/|— M0.4 —| |— Q0.1 (R) 1
M0.1 —|/|— I0.5 —| |— Q0.1 (S) 1

网络6 联锁置位

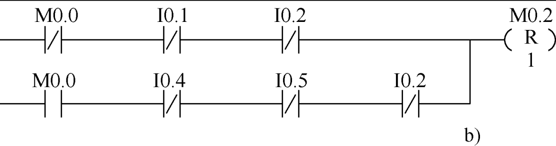
为保护人员和设备的安全，在按“STOP”(紧急停止)按钮(I0.2)之后，必须规定驱动器联锁(或称阻塞)，将联锁标志M0.2置位(M0.2=1)，立即关断驱动器。只有在M0.2复位后，才能重新启动电动机

I0.2 —| |— M0.2 (S) 1

图 7-55　（续）

网络7　联锁复位

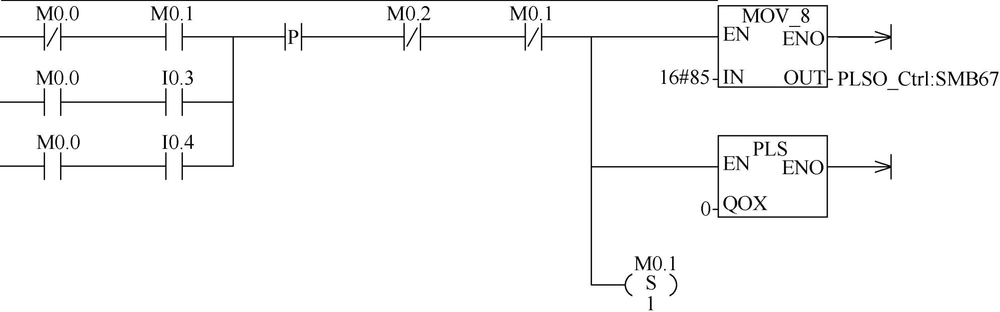
当“STOP”按钮松开后，为防止电动机的意外启动，
1)手动情况下，只有在“START”(I0.1)和“STOP”按钮(I0.2)都松开后，才能将M0.2复位。
2)自动情况下，只有I0.4和I0.5两个光电开关都没有信号时，才能将M0.2复位。
如果要再次启动电动机，则必须再发出一个启动信号。



b)

网络8　光电纠偏步进电动机启动

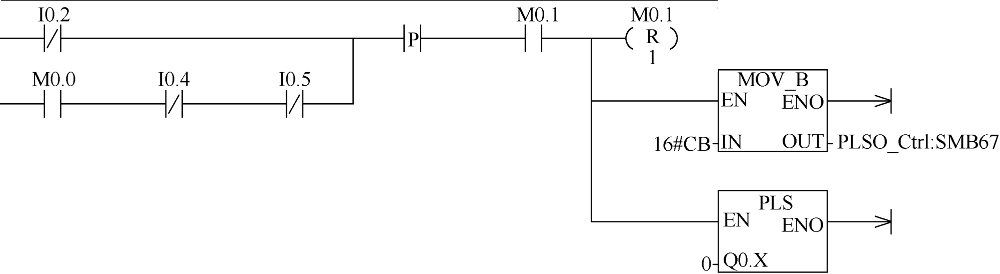
启动电动机的三个条件如下：
(1)手动情况下按“START”(起动)按钮，在输入端I0.1产生脉冲上升沿(从0升到1)；
或自动情况下，光电开关I0.3或I0.4信号触发脉冲(从0升到1)，其中I0.3同时表示正转而I0.4表示反转。
(2)无联锁　即联锁标志M0.2=0；
(3)电动机处于停止状态，即操作标志M0.1=0。
如果同时具备上述3个条件，则将M0.1置位(M0.1=1)，控制器执行PLSO指令，在输出端Q0.0输出脉冲　其他必须预先具备的条件，已经在首次扫描(SM=0.1)设置，主要是脉冲输出功能的基本数据，如时基。周期和脉冲数等，这些数据置于相应的属于PTO/PWM的特殊存储字SWMW68，SMW70和SMD72。



符号	地址	注释
PLSO_Ctrl	SMB67	PTO0/PMW0监控　用于Q0.0上的PTO(脉冲串输出)和PWM(脉…

网络9　停止光电纠偏电动机

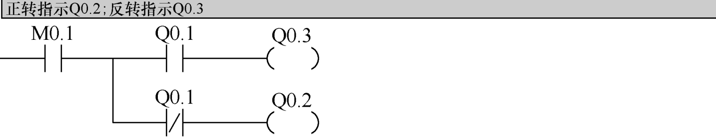
停止电动机的两个条件如下：
(1)手动或自动情况下按“STOP”按钮，在输入端I0.2产生脉冲上升沿(从0升到1)；
或动自动情况下，两边的光电开关感应正常时
(2)电动机处于运转状态，即操作标志M0.1=0.1。
如果同时具备上述2个条件，则将标志M0.1复位，并中断输出端Q0.0的脉冲输出。
这与执行PLSO命令有关，它将脉宽调制(PWM)输出的脉冲宽度减为0(所需的基本设置已在第一扫描周期中定义了)，因而输出信号被抑制。在完整的脉冲序列输出后，中断程序0将标志M0.1复位，从而使电动机能够重新启动。



符号	地址	注释
PLSO_Ctrl	SMB67	PTO0/PMW0监控　用于Q0.0上的PTO(脉冲串输出)和PWM(脉…

网络10　步进电动机正反转信号灯指示

正转指示Q0.2；反转指示Q0.3



c)

图 7-55　（续）

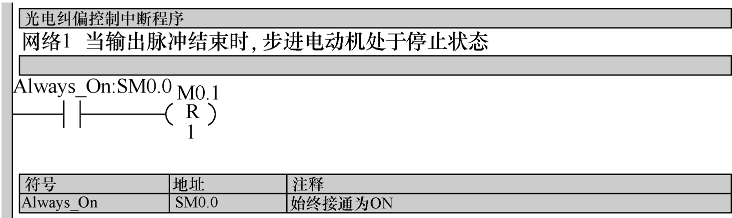


图 7-56　光电纠偏中断子程序

第 8 讲　SCR 指令与顺序控制

导读

除了根据继电器电路设计梯形图外，还有一种重要的方法，就是根据顺序功能图来进行程序设计。在工业领域中，许多的控制对象（过程）都属于顺序控制，其特点是整个控制过程可划分为几个工步，每个工步按顺序轮流工作，而且任何时候都只有一个工步在工作。根据这种控制特点，开发了专门供编制顺序控制程序用的功能表图，这种先进的设计方法已成为 PLC 程序设计的最主要的方法之一。

8.1　顺序控制设计法概述

1. 顺序控制设计法基本概念

状态流程（转移）图描述控制系统的控制过程、功能和特性，又称状态图、流程图、功能图，它具有直观、简单的特点，是设计 PLC 顺序控制程序的一种有力工具。

在顺序控制中，一个很重要的概念就是步，它是根据系统输出量的变化，将系统的一个工作循环过程分解成若干个顺序相连的阶段，编程时一般用 PLC 内部的软继电器表示各步。

需要注意的是，步是根据 PLC 的输出量是否发生变化来划分的，只要系统的输出量状态发生变化，系统就从原来的步进入新的步。

现在以某液压工作台的工作过程来进行分步（见图 8-1）。

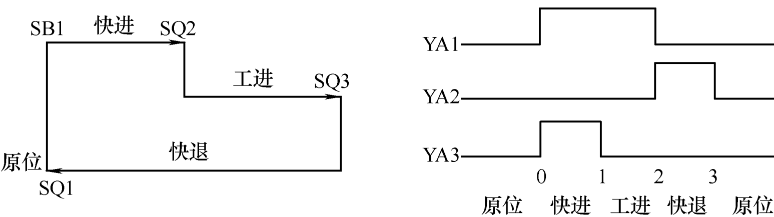


图 8-1　液压工作台的工作过程

液压工作台的整个工作过程可划分为原位（SB1）、快进（SQ2）、工进（SQ3）和快退（SQ1）四步；各步电磁阀 YA1、YA2、YA3 的状态见表 8-1。

表 8-1　各步电磁阀 YA1、YA2、YA3 的状态

	YA1	YA2	YA3	转换主令
快进	+	−	+	SB1
工进	+	−	−	SQ2
快退	−	+	−	SQ3
停止	−	−	−	SQ1

1）液压工作台初始状态：停在原位（压合 SQ1）—YA1 −、YA2 −、YA3 −（输出）。

2）按 SB：快进—YA1 +、YA2 -、YA3 +（输出）。

3）压合 SQ2：工进—YA1 +、YA2 -、YA3 -（输出）。

4）压合 SQ3：快退，快退回原位停止—YA1 -、YA2 +、YA3 -（输出）。

从以上分析可以得出结论，PLC 输出量发生变化时产生新的一步。

1）初始步：刚开始阶段所处的步，每个功能表图必须有一个。在状态转移图中，初始步用双线框表示，如 S0.0 。

2）活动步：当前正在执行的步。

除了步之外，还有步与步之间的连线，叫做有向连线，以表示步的活动状态的进展方向；从当前步进入下一步叫做转移，它是用与有向连线垂直的短划线表示。

指某步活动时，PLC 向被控系统发出的命令叫做动作（输出），它是系统应执行的动作，动作用矩形框，中间用文字或符号表示，如果某一步有几个动作，则动作示意如图 8-2 所示。

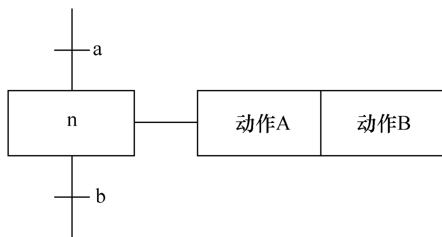


图 8-2　动作示意

2. 状态转移图的基本结构

状态转移图的基本结构包括以下几个：

1）单序列结构。它的特点是每个前级步的后面只有一个转换，每个转换的后面只有一步，其每一步都按顺序相继激活。

2）选择序列结构。它的特点是一个前级步的后面紧跟着若干后续步可供选择，但一般只允许选择其中的一条分支。

3）并列序列结构。它的特点是一个前级步的后面紧跟着若干后续步，当转换实现时将后续步同时激活。

4）跳步、重复和循环序列结构。其中，跳步序列的特点是当转换条件满足时，跳过几个后续步不执行；而重复序列的特点是当转换条件满足时，重新返回到前级步执行；循环序列的特点则是当转换条件满足时，用重复的办法直接返回到初始步。

3. 状态转移图的特性

（1）时序特性

状态转移图的时序特性就如同坐公共汽车，对人来说，车来到就上，开到站就下；而对车来说，就是行驶-停止的过程。时序特性如图 8-3 所示。

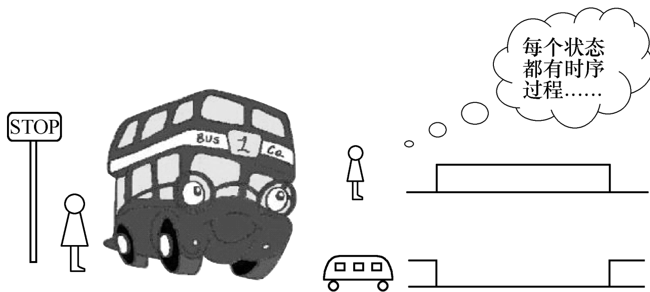


图 8-3　时序特性

（2）条件特性

同样，当坐公共汽车时，只有当“车到站”这个条件满足时，人才可以从一个站到达下一个站，这就是“条件特性”（见图 8-4）。

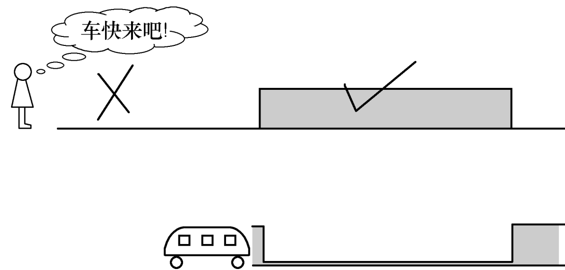


图 8-4　条件特性

8.2　SCR 系列指令

1. SCR、SCRT 和 SCRE 指令

西门子的 SCR 指令为用户提供一种可自然纳入 LAD 程序的简单、强有力的状态控制编程技术。每当应用程序包含一系列必须重复执行的操作时，SCR 可用于为程序安排结构，以便使之直接与应用程序相对应。因而用户能够更快速、更方便地编程和调试应用程序。

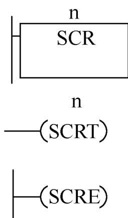


图 8-5　SCR 指令

如图 8-5 所示为 SCR 指令。在梯形图中，使用 SCR 有三种限制：

1）不能在一个以上例行程序中使用相同的 S 位。例如，如果在主程序中使用 S0.1，则不能在子程序中再使用。

2）不能在 SCR 段中使用 JMP 和 LBL 指令。这表示不允许跳转入或跳转出 SCR 段，亦不允许在 SCR 段内跳转。可以使用跳转和标签指令在 SCR 段周围跳转。

3）不能在 SCR 段中使用“结束”指令。

2. 西门子 SCR 指令应用例举

具有良好定义步骤顺序的进程很容易用 SCR 段作为示范。例如，考虑一个有 3 个步骤的循环进程，当第三个步骤完成时，应当返回第一个步骤，顺序控制如图 8-6 所示。

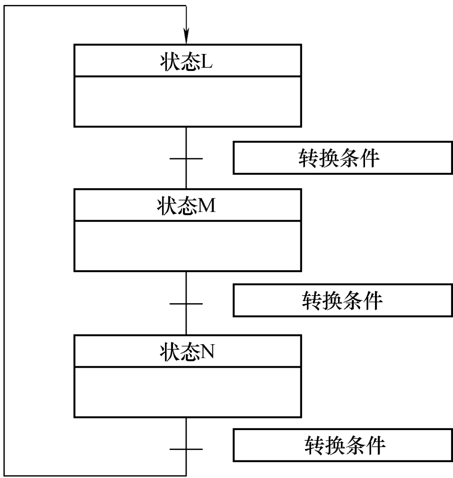


图 8-6　顺序控制

但是，在很多应用程序中，一个顺序状态流必须分为两个或多个不同的状态流。分散控制如图 8-7 所示，当控制流分为多个时，所有的输出流必须同时激活。

分散控制程序如图 8-8 所示，可使用由相同的转换条件启用的多条 SCRT 指令，在 SCR 程序中实施控制流分散。

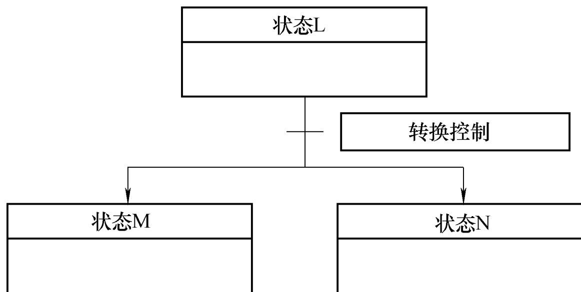


图 8-7　分散控制

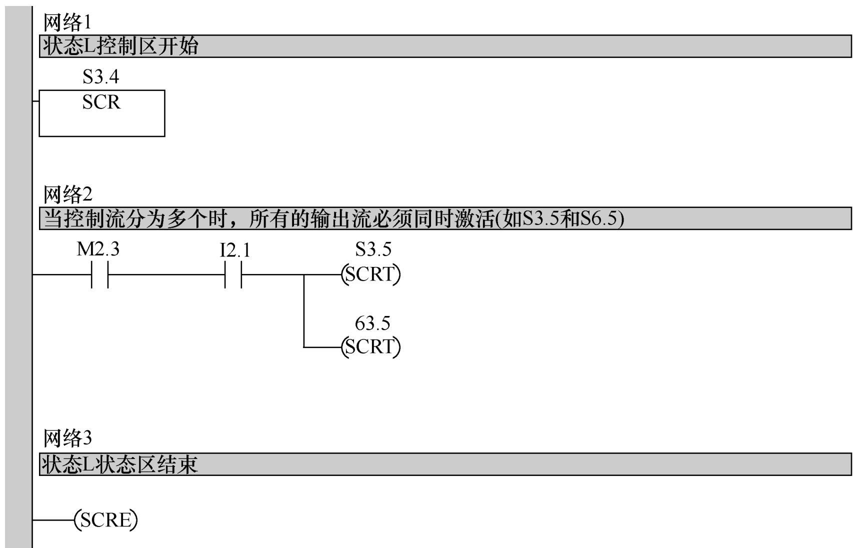


图 8-8　分散控制程序

当两个或多个连续状态流必须汇合成一个状态流时，出现一种与分散控制相似的状况。当多个状态流汇合成一条状态流时，则称为汇合。当状态流汇合时，在执行下一个状态之前，所有的输入流必须完成。图 8-9 所示为汇合的状况。

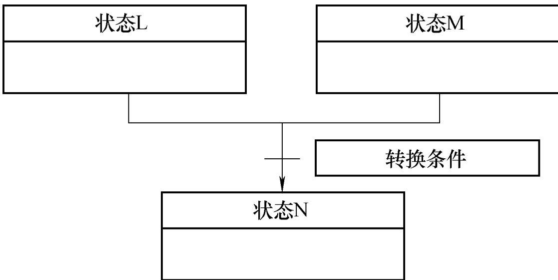


图 8-9　汇合控制

可采用从状态 L 转换至 L’和从状态 M 转换至 M’的方式，在 SCR 程序中实施控制流汇合，如图 8-10 所示，当代表 L’和 M’的两个 SCR 位均为真时，可启用状态 N。

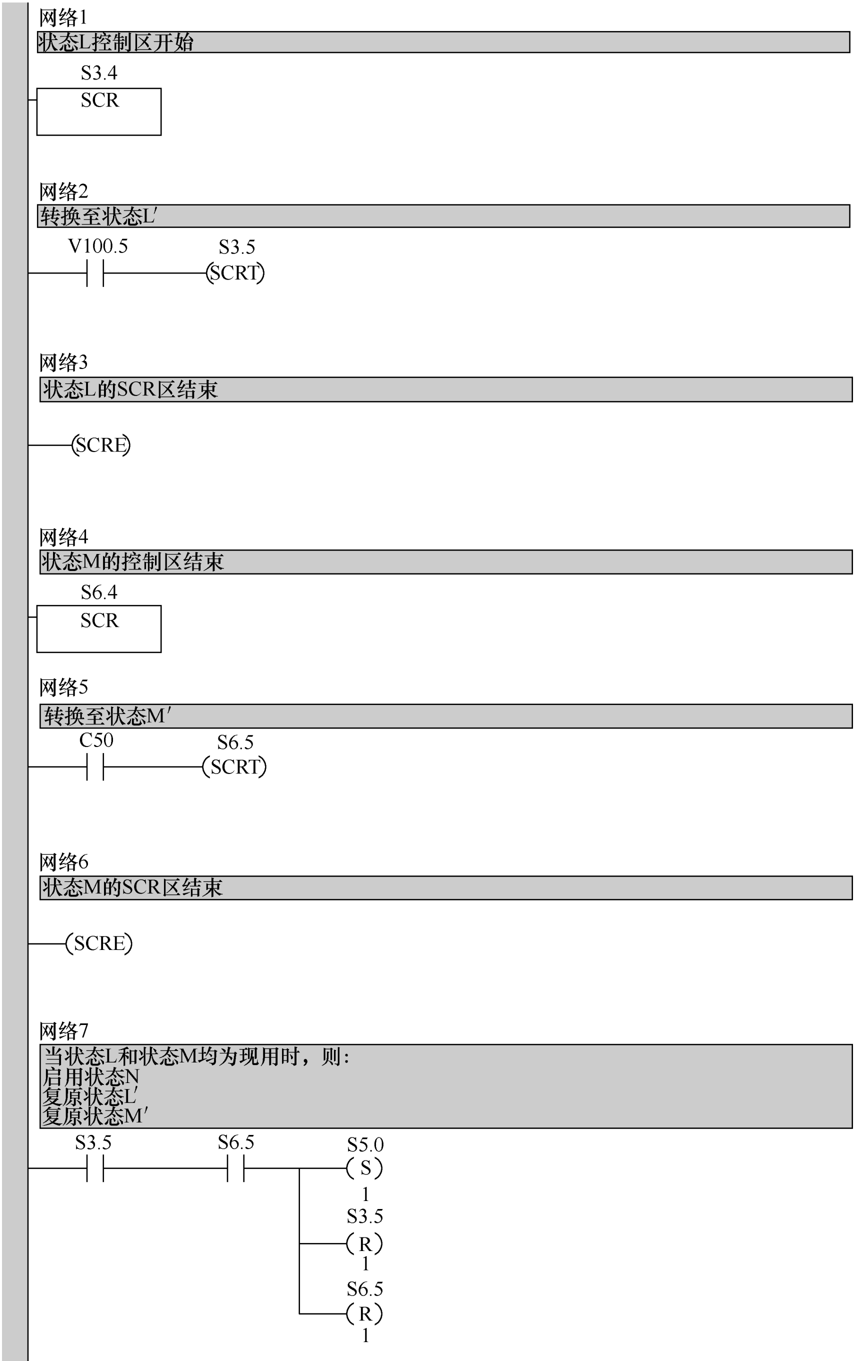


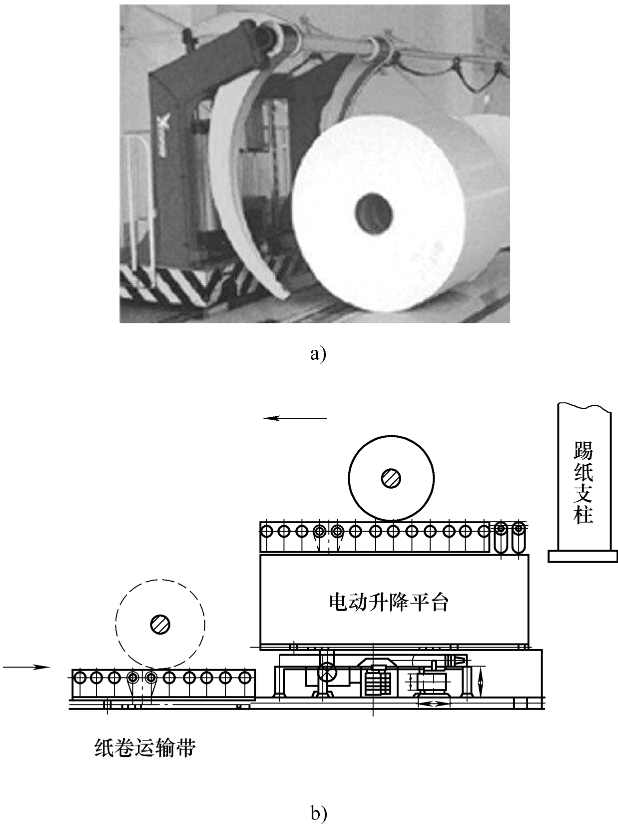
图 8-10　汇合控制

8.3　顺序控制应用案例：纸卷输送控制

1. 纸卷输送控制概述

纸卷输送控制一般都用于造纸、印刷和包装厂中，在纸卷自动输送线中，将纸卷换行、

升降、换位或运往其他需要的地方。如图 8-11 所示为一典型的输送设备。它主要包括两部分：踢纸机和电动升降平台，一般踢纸机采用气动控制，而升降平台则采用电动升降。



a)

b)

图 8-11　纸卷输送设备

a）踢纸机　b）纸卷输送设备剖面图

在纸卷输送过程中，一般都遵循以下流程：①当纸卷通过运输带达到电动升降平台时，则使得电动平台上升至限位；②当升降平台到达上限位时，踢纸机气缸动作，将纸卷踢出到合适的位置；③踢纸机气缸待到限位后自复位；④电动升降平台下降到下限位等候一次流程的开始。

2. 纸卷输送控制的硬件设计

纸卷输送控制的输入点有 4 个限位，分别是纸卷进入预定位置、电动上限位和下限位、踢纸机气缸伸出限位；输出控制 3 个点，包括电动上升和下降、气缸伸出（气缸缩回采用自复位）。图 8-12 所示是纸卷输送控制的硬件示意。

根据图 8-12，可以列出纸卷输送控制的 I/O 资源配置。纸卷输送控制见表 8-2。

表 8-2　纸卷输送控制

输入	名称	输出	名称
I0. 0	纸卷进入预定位置	Q0. 0	电动上升
I0. 1	电动上限位（NO）	Q0. 1	电动下降
I0. 2	电动下限位（NO）	Q0. 2	踢纸机气缸伸出
I0. 3	气缸伸出限位（NO）		

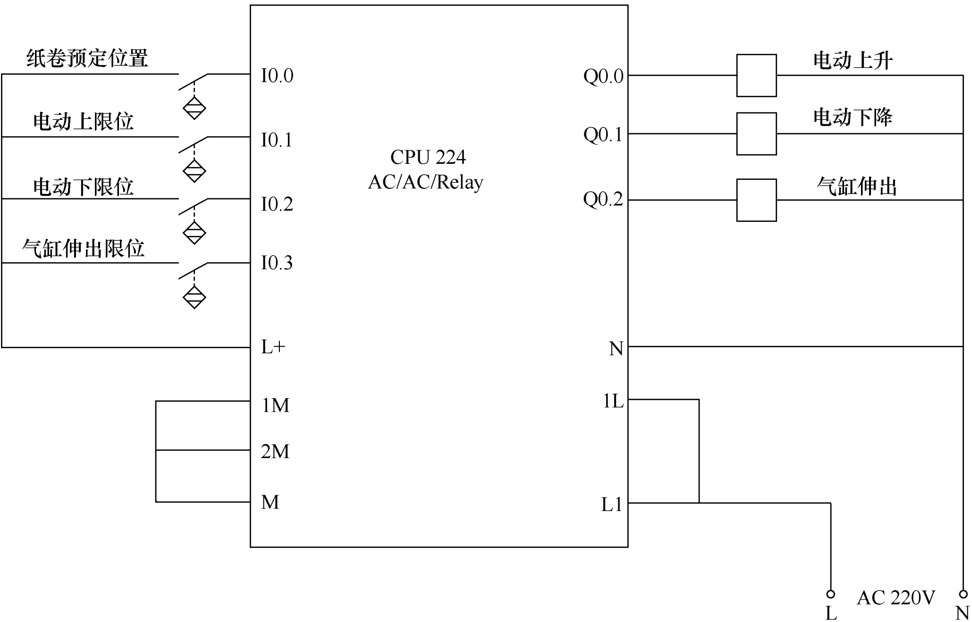


图 8-12　纸卷输送控制的硬件示意

3. 纸卷输送控制的软件编程

纸卷输送控制的项目可以采用单序列顺序功能来表示，具体如图 8-13 所示。

纸卷输送控制的程序如图 8-14 所示。

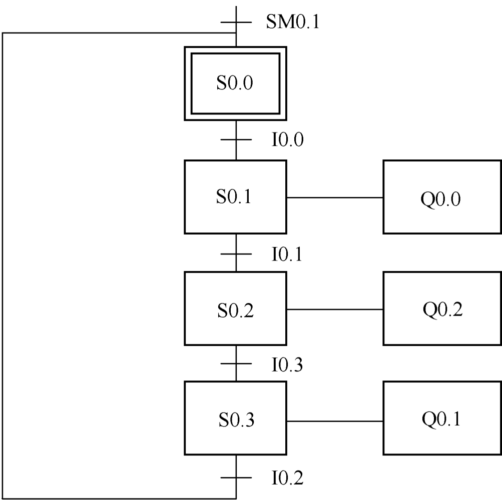


图 8-13　单序列顺序功能

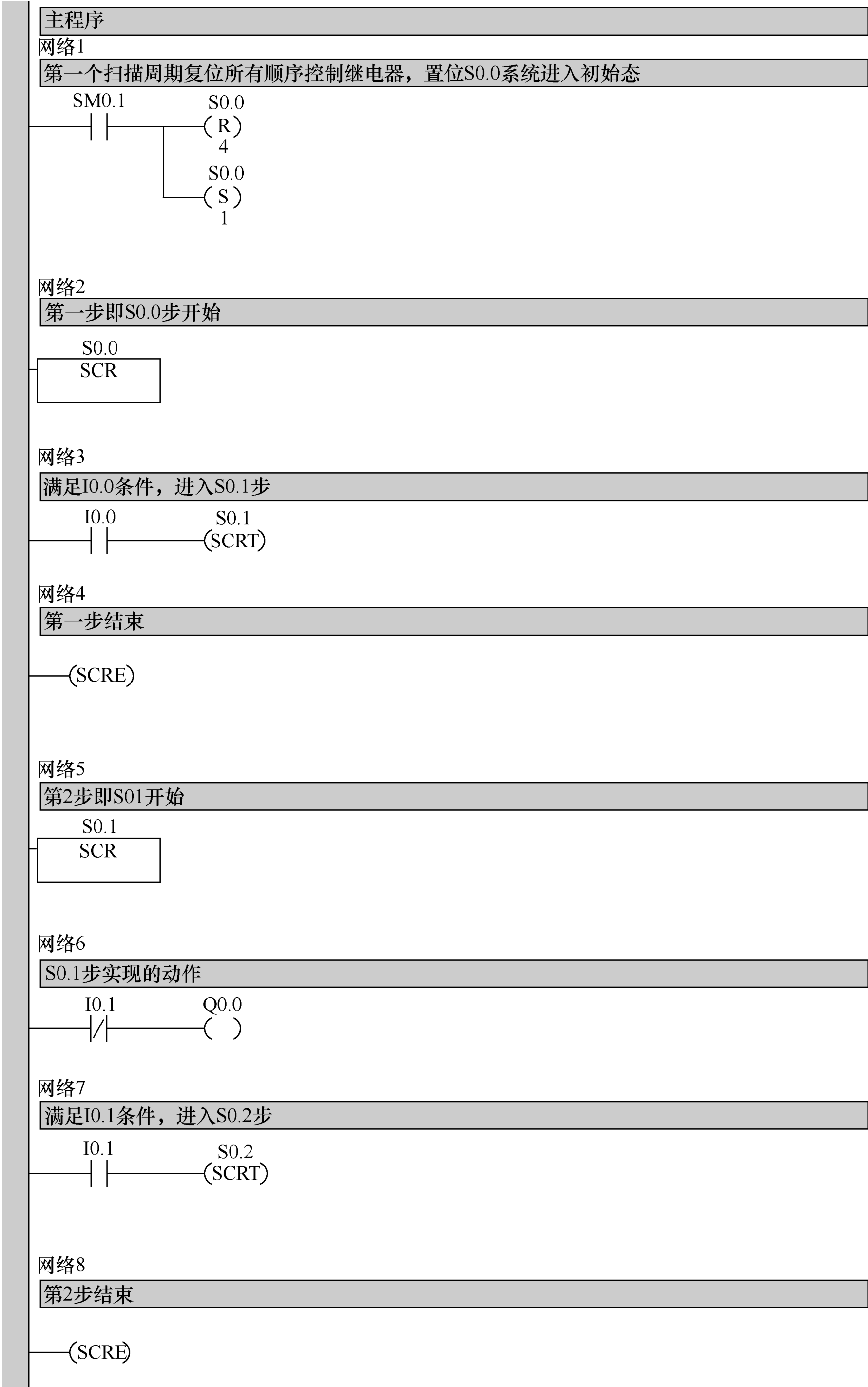


图 8-14　纸卷输送控制的程序

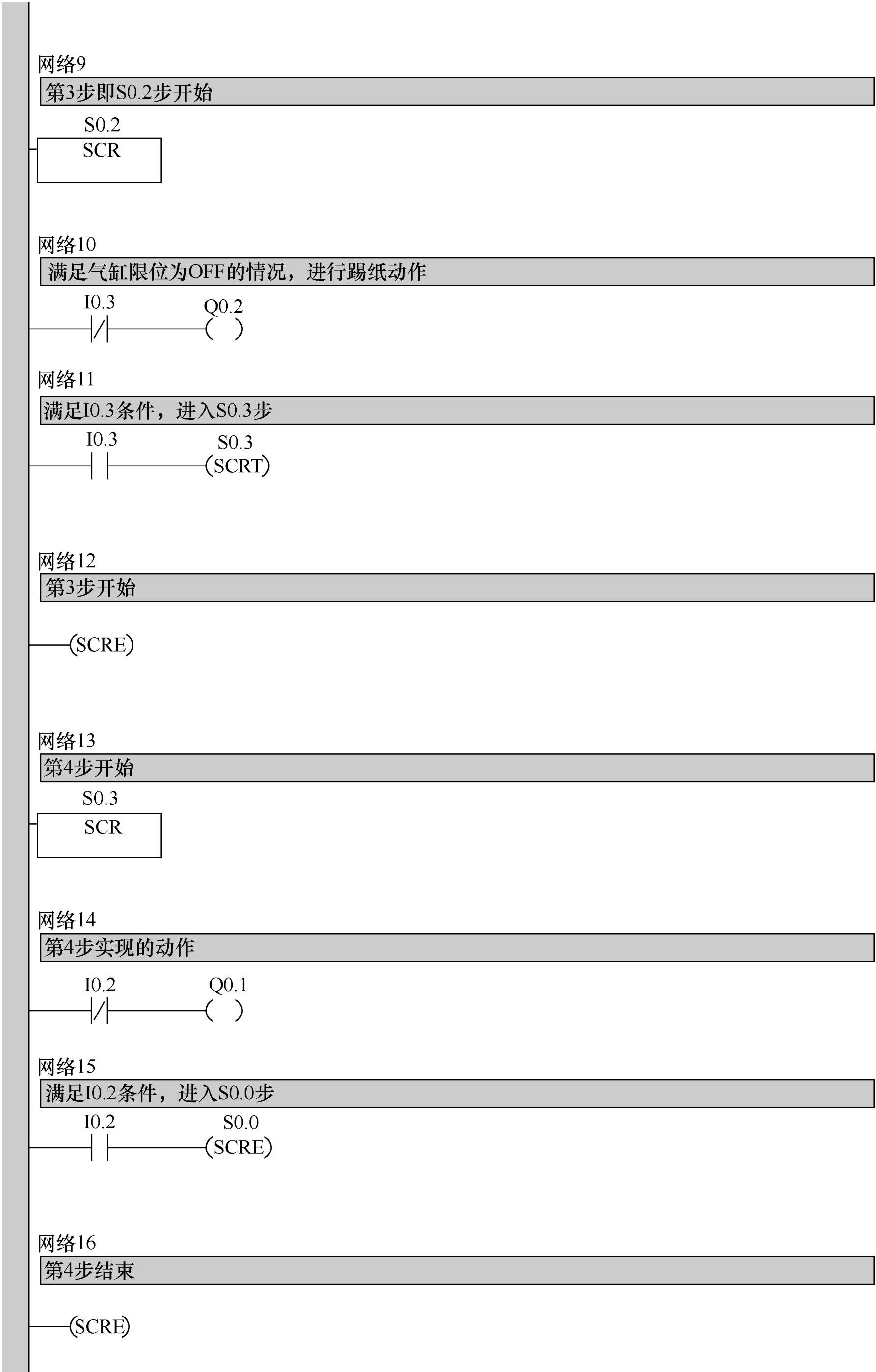

网络9
第3步即S0.2步开始
S0.2
SCR
网络10
满足气缸限位为OFF的情况，进行踢纸动作
I0.3
Q0.2
网络11
满足I0.3条件，进入S0.3步
I0.3
S0.3
(SCRT)
网络12
第3步开始
(SCRE)
网络13
第4步开始
S0.3
SCR
网络14
第4步实现的动作
I0.2
Q0.1
网络15
满足I0.2条件，进入S0.0步
I0.2
S0.0
(SCRE)
网络16
第4步结束
(SCRE)

图 8-14　（续）

第 9 讲　PID 控制

导读

在工程实际中，应用最为广泛的调节器控制为比例、积分、微分控制，简称 PID 控制或调节。西门子 S7-200 PLC 具有标准的 PID 回路指令来实现各种温度等控制，其回路指令根据表格中的输入和配置信息对引用 LOOP 执行 PID 回路计算，当然在实际应用中也可以采用 PID 向导进行编程。

9.1　PID 控制原理

1. 自动控制基本概念

自动控制是指在无人直接参与的情况下，利用控制装置操纵受控对象，使被控量等于给定值或按给定信号变化规律去变化的过程。

图 9-1a 和图 9-1b 所示为液位控制的两种方式，即液位手动控制和液位自动控制。

在液位手动控制中，是根据眼来观察、脑来判断、手来操作的，其目的就是为了减少或消除液位差 Δh，以保证恒液位控制。

在液位自动控制中，则是要建立一个受控对象（水池）、一个输出量（实际水位）、一个输入量（要求水位）、一个检测装置（水位传感器）、一个执行机构（阀门），根据图 9-2 所示的液位自动控制示意图进行控制。通过给定量和实际检测得到的实际值，得出一个偏差量，再由控制器进行控制。

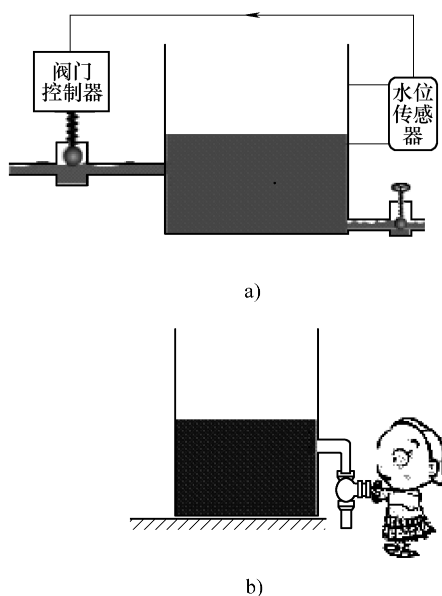


图 9-1　液位控制
a）液位自动控制　b）液位手动控制

2. PID 控制

在工程实际中，应用最为广泛的调节器控制为比例、积分、微分控制，简称 PID 控制或调节。PID 控制器问世至今已有近 80 年历史，它以其结构简单、稳定性好、工作可靠、调整方便而成为工业控制的主要技术之一。当被控对象的结构和参数不能完全掌握或得不到精确的数学模型，控制理论的其他技术难以采用，系统控制器的结构和参数必须依靠经验和现场调试来确定时，这时应用 PID 控制技术最为方便。即当我们不完全了解一个系统和被控对象，或不能通过有效的测量手段来获得系统参数时，最适合用 PID 控制技术。

对于 PID 控制，实际中也有采用 PI 控制和 PD 控制。PID 控制器就是根据系统的偏差，

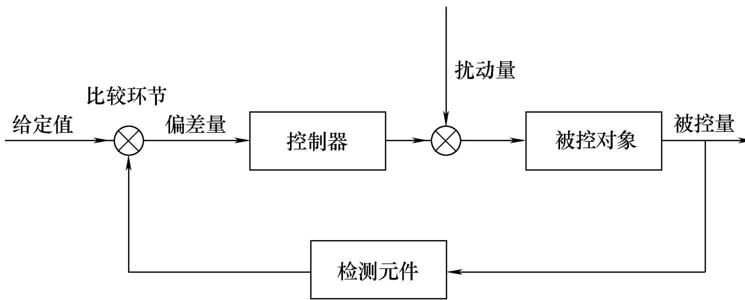


图 9-2　液位自动控制示意图

利用比例、积分、微分计算出控制量进行控制的。

（1）比例（P）控制

比例控制是一种最简单的控制方式。其控制器的输出与输入偏差信号成比例关系。当仅有比例控制时，系统输出存在稳态误差。

（2）积分（I）控制

在积分控制中，控制器的输出与输入偏差信号的积分成正比关系。对一个自动控制系统，如果在进入稳态后存在稳态误差，则称这个控制系统是有稳态误差的或简称有差系统。为了消除稳态误差，在控制器中必须引入“积分项”。积分项对误差取决于时间的积分，随着时间的增加，积分项会增大。这样，即便误差很小，积分项也会随着时间的增加而加大，它推动控制器的输出增大，使稳态误差进一步减小，直到等于零。因此，采用比例 + 积分（PI）控制器，可以使系统在进入稳态后无稳态误差。

（3）微分（D）控制

在微分控制中，控制器的输出与输入误差信号的微分（即误差的变化率）成正比关系。自动控制系统在克服误差的调节过程中，可能会出现振荡甚至失稳。其原因是由于存在较大惯性组件（环节）或有滞后组件，具有抑制误差的作用，其变化总是落后于误差的变化。解决的办法是使抑制误差的作用的变化“超前”，即在误差接近零时，抑制误差的作用就应该是零。这就是说，在控制器中仅引入“比例”项往往是不够的，比例项的作用仅是放大误差的幅值，而目前需要增加的是“微分项”，它能预测误差变化的趋势，这样，采用具有比例 + 微分（PD）控制器，就能够提前使抑制误差的控制作用等于零，甚至为负值，从而避免了被控量的严重超调。所以对有较大惯性或滞后的被控对象，比例 + 微分（PD）控制器能改善系统在调节过程中的动态特性。

3. PID 算法

在连续控制系统中，模拟 PID 的控制规律形式为

$$u(t) = K_P\left[e(t) + \frac{1}{T_I}\int e(t)\,\mathrm{d}t + T_D\frac{\mathrm{d}e(t)}{\mathrm{d}t}\right] \tag{9-1}$$

式中，$e(t)$是偏差输入函数；$u(t)$是调节器输出函数；K_P 是比例系数；T_I 是积分时间常数；T_D 是微分时间常数。

由于式(9-1)为模拟量表达式，而 PLC 程序只能处理离散数字量，为此，必须将连续形式的微分方程化成离散形式的差分方程。式(9-1)经离散化后的差分方程为

$$u(k) = K_P\left[e(k) + \frac{1}{T_1}\sum_{i=0}^{k} Te(k-i) + T_D\frac{e(k)-e(k-1)}{T}\right] \quad (9\text{-}2)$$

式中，T是采样周期；k是采样序号，$k=0$，1，2，…，i，…，k；$u(k)$是采样时刻k时的输出值；$e(k)$是采样时刻k时的偏差值；$e(k-1)$是采样时刻$k-1$时的偏差值。

为了减小计算量和节省内存开销，将式(9-2)化为递推关系形式：

$$\begin{aligned} u(k) &= u(k-1) + K_P\left(1+\frac{T}{T_1}+\frac{T_D}{T}\right)e(k) - K_P\left(1+\frac{2T_D}{T}\right)e(k-1) + K_P\frac{T_D}{T}e(k-2) \\ &= u(k-1) + r_{0e}(k) - r_{0e}(k-1) + r_{2e}(k-2) \\ &= u(k-1) - r_0 f(k) + r_1 f(k-1) - r_2 f(k-2) + S_P(r_0 - r_1 + r_2) \end{aligned} \quad (9\text{-}3)$$

式中，S_P是调节器设定值；$f(k)$是采样时刻k时的反馈值；$f(k-1)$是采样时刻$k-1$时的反馈值；$f(k-2)$是采样时刻$k-2$时的反馈值。至此式(9-3)已可以用作编程算法使用了。

9.2　PID标准指令

1. PID标准指令

西门子S7-200 PLC具有标准的PID回路指令，可实现各种温度控制（见图9-3）。PID回路指令根据表格（TBL）中的输入和配置信息对引用LOOP执行PID回路计算。PID回路指令操作数见表9-1。同时，逻辑堆栈（TOS）顶值必须是“打开”（使能位）状态才能启用PID计算。

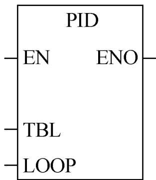


图9-3　PID回路指令

S7-200 PLC程序中，可使用八条PID指令，如果两条或多条PID指令使用相同的回路号码（即使它们的表格地址不同），PID计算会互相干扰，结果难以预料。因此，必须在程序设计之初，为每一个PID控制指定不同的回路号。

表9-1　PID回路指令操作数

输入	操作数	数据类型	备注
TBL	VB	字节	标准80个字节
LOOP	常数（0~7）	字节	最多8个回路

LOOP回路表存储用于控制和监控回路运算的参数，包括程序变量、设置点、输出、增益、采样时间、整数时间（重设）、导出时间（速率）等数值。PID指令框中输入的表格（TBL）起始地址为回路表分配80字节。PID语句LOOP回路表见表9-2。

表9-2　PID语句LOOP回路表

偏移量	域	格式	类型	说　明
0	PV_n 进程变量	双字–实数	输入	包含进程变量，必须在0.0~1.0范围内
4	SP_n 设定值	双字–实数	输入	包含设定值，必须在0.0~1.0范围内

（续）

偏移量	域	格式	类型	说　明
8	M_n 输出	双字－实数	输入/输出	包含计算输出，在 0.0～1.0 范围内
12	K_c 增益	双字－实数	输入	包含增益，此为比例常数，可为正数或负数
16	T_s 采样时间	双字－实数	输入	包含采样时间，以秒为单位，必须为正数
20	T_I 积分时间或复原	双字－实数	输入	包含积分时间或复原，以分钟为单位，必须为正数
24	T_D 微分时间或速率	双字－实数	输入	包含微分时间或速率，以分钟为单位，必须为正数
28	MX 偏差	双字－实数	输入/输出	包含 0.0 和 1.0 之间的偏差或积分和数值
32	PV_{n-1} 以前的进程变量	双字－实数	输入/输出	包含最后一次执行 PID 指令存储的进程变量以前的数值
36	PID 扩展表标识	ASCII	常数	‘PIDA’（PID 扩展表 A 版）：ASCII 常数
40	AT 控制（ACNTL）	字节	输入	
41	AT 状态（ASTAT）	字节	输出	
42	AT 结果（ARES）	字节	输入/输出	
43	AT 配置（ACNFG）	字节	输入	
44	偏差（DEV）	实数	输入	最大 PV 振荡幅度的归一值
48	滞后（HYS）	实数	输入	用于确定过零的 PV 滞后的归一值
52	初始输出步长（STEP）	实数	输入	用于在 PV 中诱发振荡的输出值中的步长改变的归一值
56	看门狗时间（WDOG）	实数	输入	在两个过零之间以秒为单位的最大允许时间
60	建议增益（AT_KC）	实数	输出	由自动调谐过程确定的建议回路增益
64	建议积分时间（AT_TI）	实数	输出	由自动调谐过程确定的建议积分时间
68	建议微分时间（AT_TD）	实数	输出	由自动调谐过程确定的建议微分时间
72	实际步长（ASTEP）	实数	输出	由自动调谐过程确定的归一输出步长值
76	实际滞后（AHYS）	实数	输出	由自动调谐过程确定的归一 PV 滞后值

由表 9-2 可以看出，偏移量 0 为实际检测值（或称反馈值），偏移量 4 为设定值（或称目标值），偏移量 8 为输出值。需要注意的是，此表起初的长度为 36 字节，但在西门子公司

新版本软件 V4.0 增加了 PID 自动调谐后，回路表现已扩展到 80 字节。

2. PID 语句的使用

在工业控制系统中，可能有必要仅采用一种或两种回路控制方法。例如，可能只要求比例控制或比例和积分控制。这时可以通过设置常数参数值对所需的回路控制类型进行选择。

如果不需要积分运算（即在 PID 计算中无“I”），则应将积分时间（复原）指定为“INF”（无限大）。由于积分和 *MX* 的初始值，即使没有积分运算，积分项的数值也可能不为零。

如果不需要求导数运算（即在 PID 计算中无“D”），则应将求微分时间（速率）指定为 0.0。

如果不需要比例运算（即在 PID 计算中无“P”），但需要 I 或 ID 控制，则应将增益值指定为 0.0。

在实际应用中，设定值、反馈值和输出值均为实际数值，其大小、范围和工程单位可能不同。

（1）设定值和反馈值的转换

将这些数值用于 PID 指令操作之前，必须将其转换成标准化小数表示法，其方法如下：

PID 标准值 = 原值 ÷ 值域 + 偏置值

偏置值如果是单极性数值时取 0.0，如果是双极性数值时取 0.5。

单极性数值转换为 PID 标准信号如图 9-4 所示。

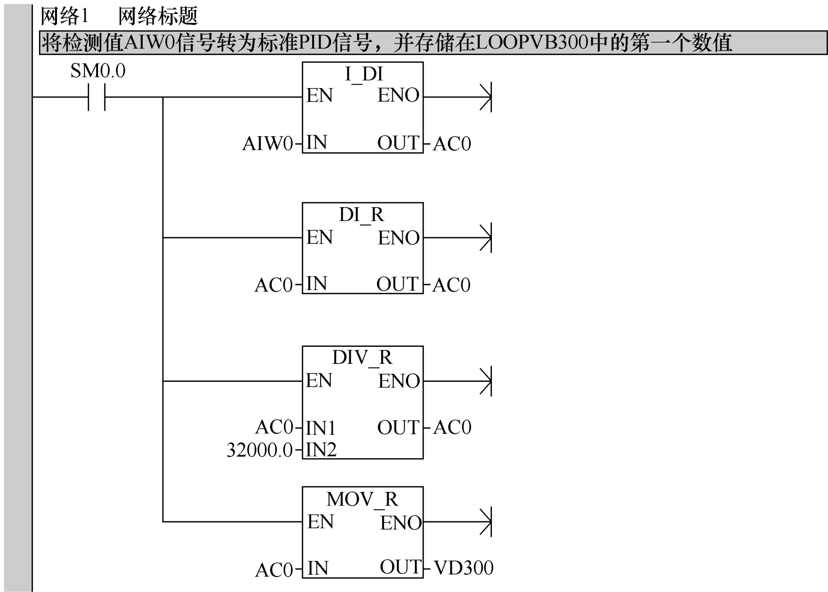


图 9-4　单极性数值转换为 PID 标准信号

（2）输出值的转换

该数值在 PID 操作之后，必须将 PID 标准化小数转换成实际值（0 ~ 32000），其方法如下：

实际输出值 = （PID 标准输出值 − 偏置值） × 值域

偏置值的选择同（1）。单极性数值输出如图 9-5 所示。

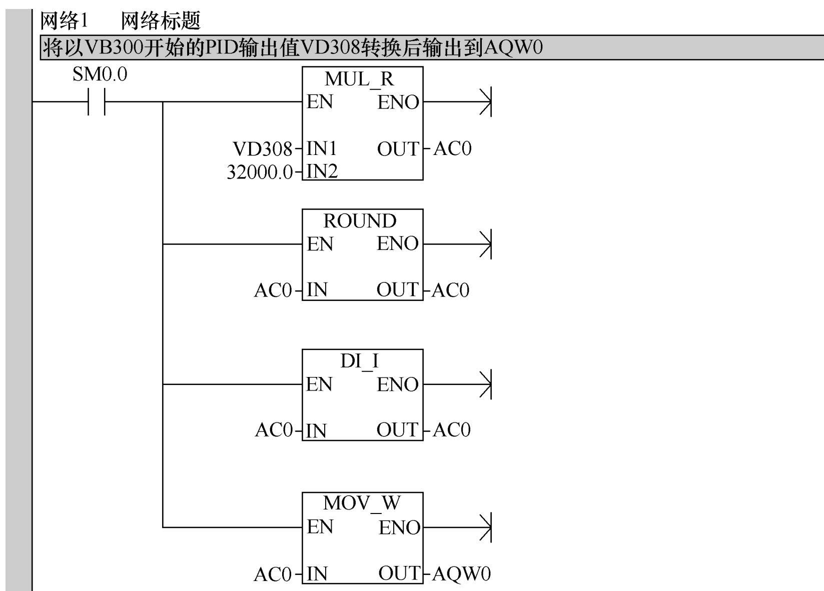


图 9-5 单极性数值输出

9.3 PID 向导的使用

1. PID 向导的使用步骤

除了使用标准 PID 指令外，还可以使用 PID 向导。

选择菜单命令工具（T）→指令向导；或单击浏览条中的指令向导图标，然后选择 PID；或打开指令树中的“向导”文件夹，并随后打开此向导或某现有配置（见图 9-6）。

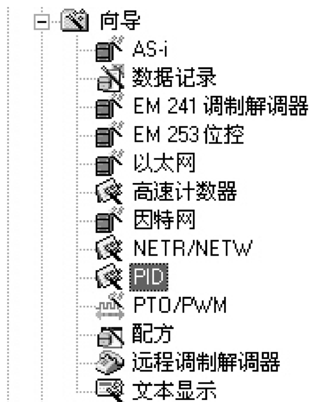


图 9-6 指令树中的“向导”文件夹

PID 向导使用的步骤主要包括 7 个方面：指定回路号码、设置回路参数、回路输入和输出选项、回路报警选项、为计算指定存储区、指定初始化子程序和中断程序、生成代码。

S7-200 PLC 指令向导的 PID 功能可用于简化 PID 操作配置。向导向用户询问初始化选项，然后为指定配置生成程序代码和数据块代码。

在使用 PID 向导之前，程序必须被编译，并位于符号编址模式。如果尚未编译，向导会在 PID 配置过程中开始提示进行编译。

2. 以恒液位控制案例为例进行 PID 向导的使用

（1）进入向导，并指定回路号码

如图 9-7 所示，进入 PID 向导。

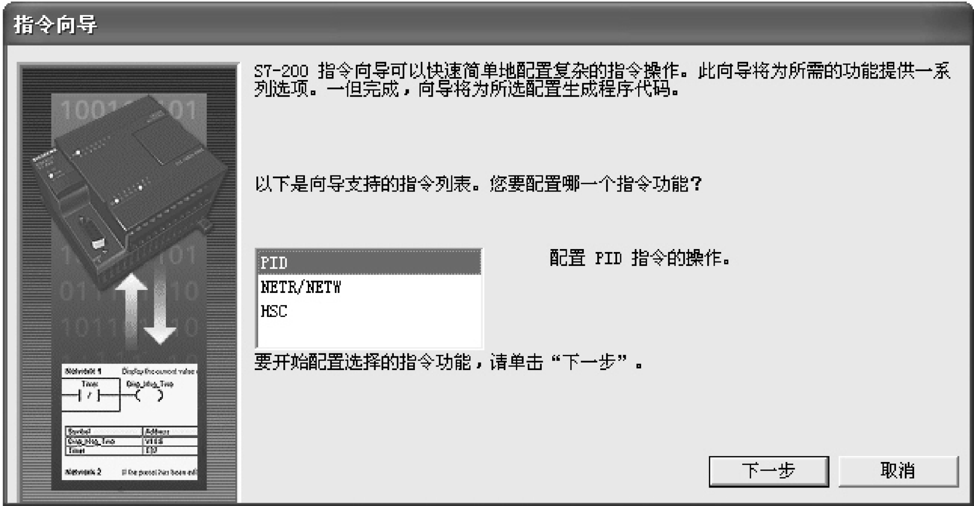


图 9-7　进入 PID 向导

如果项目包含使用 STEP 7 Micro/WIN 3. 2 版建立的现有 PID 配置，用户必须在继续执行步骤 1 之前，选择编辑其中一个现有配置或建立一个新配置。

然后，用户指定配置哪一个 PID 回路，如图 9-8 所示。一般情况下，如果只是一个 PID，可以采用默认参数，即 PID 回路 0。

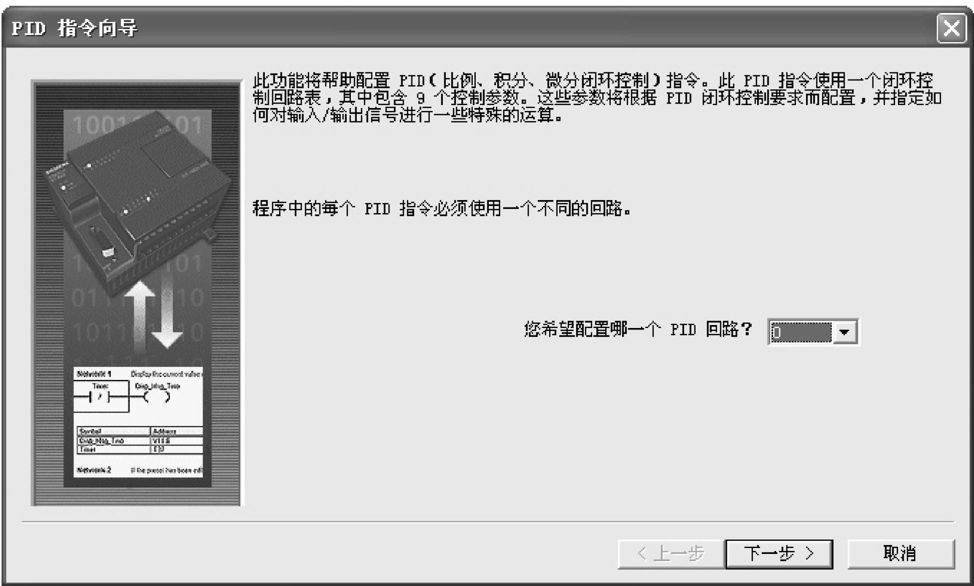


图 9-8　指定配置哪一个 PID 回路

（2）设置回路参数

图 9-9 所示为设置回路参数窗口。参数表地址的符号名已经由向导指定。PID 向导生

成的代码使用相对于参数表中的地址的偏移量建立操作数。如果用户为参数表地址建立了符号名，然后又改变为该符号指定的地址，由 PID 向导生成的代码则不再能够正确执行。

回路给定是为向导生成的子程序提供的一个参数，本例选择默认参数。

1）回路给定值标定。

为“给定值范围的低限”和“给定值范围的高限”选择任何实数。默认值是 0.0 和 100.0 之间的一个实数。

2）回路参数：

- 比例增益；
- 采样时间；
- 积分时间；
- 微分时间。



图 9-9 设置回路参数窗口

（3）设置回路输入和输出选项

回路过程变量是用户为向导生成的子程序指定的一个参数。向导会询问以下回路输入和输出选项（见图 9-10）：

1）指定回路过程变量（PV）应当如何标定，可以选择：

- 单极性（可编辑，默认范围 0 ~ 32000）；
- 双极性（可编辑，默认范围 -32000 ~ 32000）；
- 20% 偏移量（设置范围 6400 ~ 32000，不可变更）。

2）指定回路输出应当如何标定，可以选择：

- 输出类型（模拟量或数字量）。

如果选择配置数字量输出类型，则必须以秒为单位输入“占空比周期”。

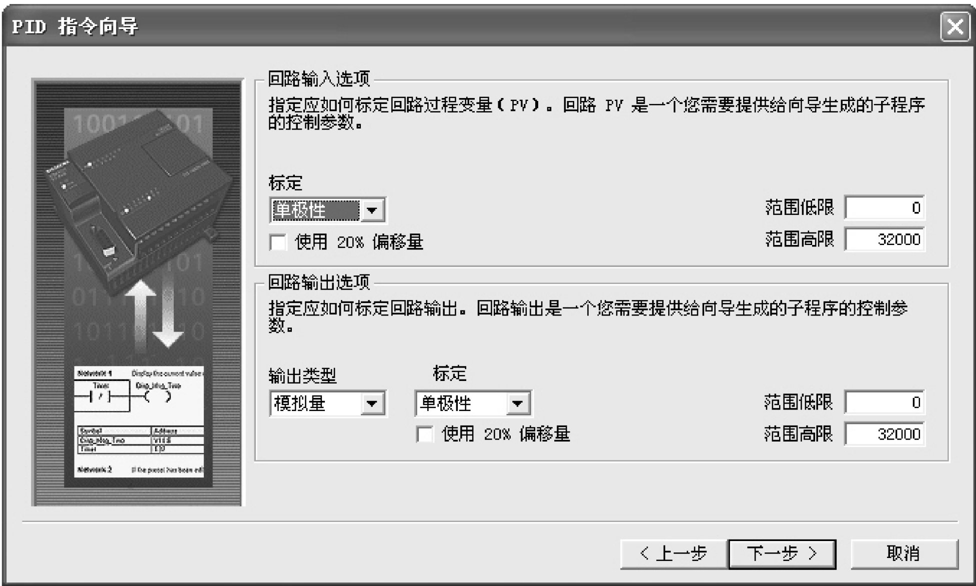


图 9-10　回路输入和输出选项

- 标定（单极性、双极性或 20% 偏移量）。

（4）设置回路报警选项

该向导为各种回路条件提供输出（见图 9-11）。当达到报警条件时，输出被置位。指定希望使用报警输入的条件：

- 使能低限报警（PV），并在 0. 0 到报警高限之间设置标准化后的报警低限；
- 使能高限报警（PV），并在报警低限和 1. 0 之间设置标准化后的报警高限；

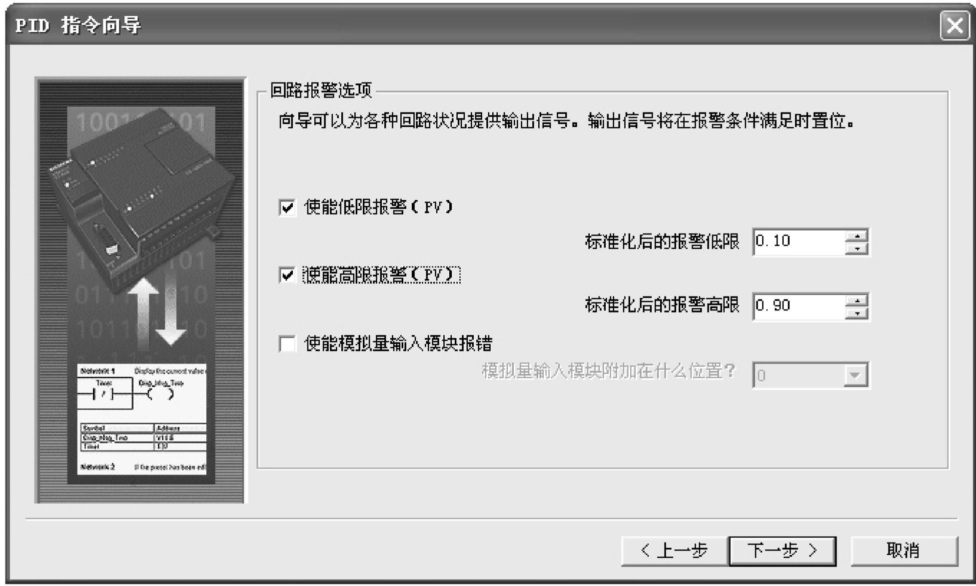


图 9-11　设置回路报警选项

- 使能模拟量输入模块报错，并指定输入模块附加在 PLC 上的位置。

（5）为计算指定存储区

PID 指令使用 V 存储区中的一个 36 字节的参数表，存储用于控制回路操作的参数。PID 计算还要求一个“暂存区”，用于存储临时结果。用户需要指定该计算区开始的 V 存储区字节地址（见图 9-12 中的从 VB0 ~ VB119）。



图 9-12　为计算指定存储区

用户还可以选择对 PID 进行手动控制（见图 9-13）。处于手动模式时，不执行 PID 计算，回路输出由用户程序控制。

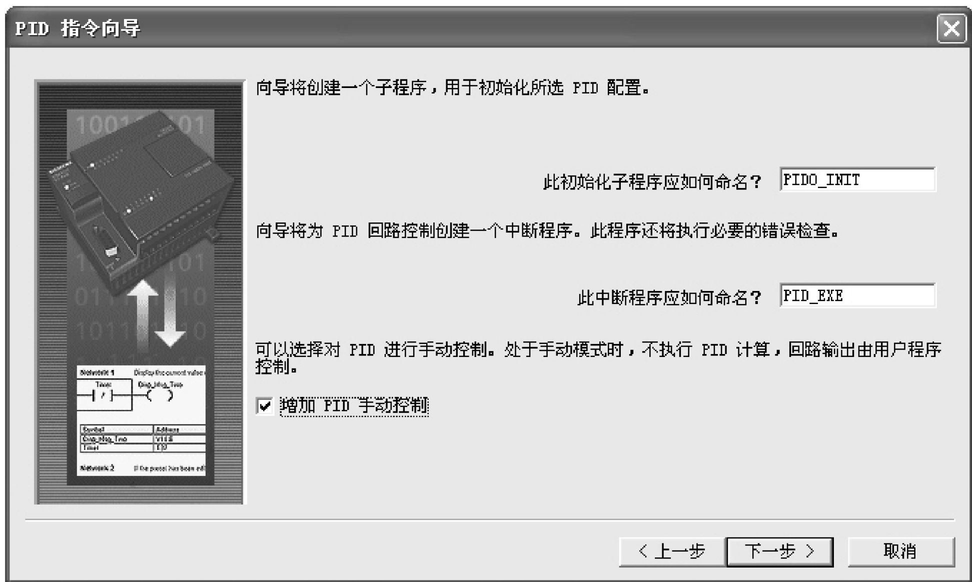


图 9-13　增加 PID 手动控制

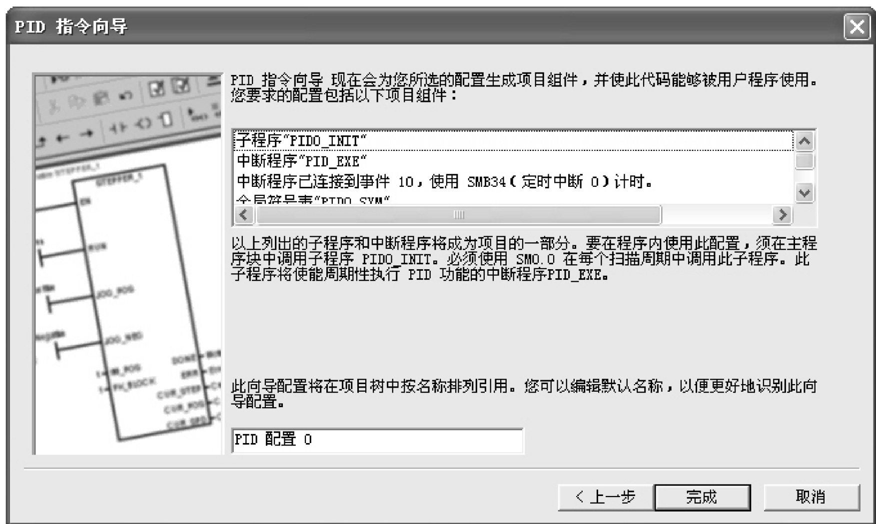


图 9-14　指定子程序和中断程序

当 PID 位于手动模式时，输出应当通过向“手动输出”参数写入一个标准化数值（0.00 ~1.00）的方法控制输出，而不是用直接改变输出的方法控制输出。这样会在 PID 返回自动模式时提供无扰动转换。

（6）指定子程序和中断程序

如果项目包含一个激活 PID 配置，已经建立的中断程序名被设为只读。因为项目中的所有配置共享一个公用中断程序，项目中增加的任何新配置不得改变公用中断程序的名称。

向导为初始化子程序和中断程序指定了默认名称（见图 9-14）。当然也可以编辑默认名称。

（7）生成 PID 代码

回答以上所有询问后，单击“完成”按钮，S7-200 指令向导将为用户指定的配置生成程序代码和数据块代码。

由向导建立的子程序和中断程序成为项目的一部分。要在程序中使能该配置，每次扫描周期时，使用 SM0.0 从主程序块调用该子程序。该代码配置 PID 0。该子程序初始化 PID 控制逻辑使用的变量，并启动 PID 中断“PID_EXE”程序。根据 PID 采样时间循环调用 PID 中断程序。



图 9-15　生成的 PID 符号表

图 9-15 ~ 图 9-20 所示为 PID 向导生成的

PID 符号表、符号表具体内容、所有程序、数据块、PID0_INIT 程序的变量定义和主程序。

			符号	地址	注释
1			PID0_Low_Alarm	VD116	报警低限
2			PID0_High_Alarm	VD112	报警高限
3			PID0_Mode	V82.0	
4			PID0_WS	VB82	
5			PID0_D_Counter	VW80	
6			PID0_D_Time	VD24	微分时间
7			PID0_I_Time	VD20	积分时间
8			PID0_SampleTime	VD16	采样时间（要修改请重新运行 PID 向导）
9			PID0_Gain	VD12	回路增益
10			PID0_Output	VD8	标准化的回路输出计算值
11			PID0_SP	VD4	标准化的过程给定值
12			PID0_PV	VD0	标准化的过程变量
13			PID0_Table	VB0	PID 0的回路表起始地址

图 9-16　符号表具体内容

			符号	地址	注释
1			SBR_0	SBR0	子程序注释
2			PID0_INIT	SBR1	此 POU 由 S7-200 指令向导的 PID 功能创建
3			INT_0	INT0	中断程序注释
4			PID_EXE	INT1	此 POU 由 S7-200 指令向导的 PID 功能创建
5			主程序	OB1	程序注释

图 9-17　PID 向导生成的所有程序

```
//-----------------------------------------------------------------
//下列内容由 S7-200 的 PID 指令向导生成
//PID 0 的参数表
//-----------------------------------------------------------------
VD0     0.0                                 //过程变量
VD4     0.0                                 //回路给定值
VD8     0.0                                 //回路输出计算值
VD12    1.0                                 //回路增益
VD16    1.0                                 //采样时间
VD20    10.0                                //积分时间
VD24    0.0                                 //微分时间
VD28    0.0                                 //积分项前值
VD32    0.0                                 //上次运算时存储的过程变量前值
VB36    'PIDA'                              //扩展回路表标志
VB40    16#00                               //算法控制字节
VB41    16#00                               //算法状态字节
VB42    16#00                               //算法结果字节
VB43    16#03                               //算法配置字节
VD44    0.08                                //从'高级'按钮或默认设置的偏差值
VD48    0.02                                //从'高级'按钮或默认设置的滞后死区值
VD52    0.1                                 //从'高级'按钮或默认设置的起始输出步长值
VD56    7200.0                              //从'高级'按钮或默认设置的看门狗超时值
VD60    0.0                                 //由自动调节算法决定的增益值
VD64    0.0                                 //由自动调节算法决定的积分时间值
VD68    0.0                                 //由自动调节算法决定的微分时间值
VD72    0.0                                 //选择自动计算选项时由算法计算的偏差值
VD76    0.0                                 //选择自动计算选项时由算法计算的滞后死区值
VD112   0.9                                 //报警高限
VD116   0.1                                 //报警低限
```

图 9-18　数据块

	符号	变量类型	数据类型	注释
	EN	IN	BOOL	
LW0	PV_I	IN	INT	过程变量输入：范围从 0 至 32000
LD2	Setpoint_R	IN	REAL	给定值输入：范围从 0.0 至 100.0
L6.0	Auto_Manual	IN	BOOL	自动/手动模式（0 = 手动模式，1 = 自动模式）
LD7	ManualOutput	IN	REAL	手动模式时回路输出期望值：范围从 0.0 至 1.0
		IN		
		IN_OUT		
LW11	Output	OUT	INT	PID 输出：范围从 0 至 32000
L13.0	HighAlarm	OUT	BOOL	过程变量（PV）>报警高限（0.90）
L13.1	LowAlarm	OUT	BOOL	过程变量（PV）<报警低限（0.10）
		OUT		
LD14	Tmp_DI	TEMP	DWORD	
LD18	Tmp_R	TEMP	REAL	
		TEMP		

此 POU 由 S7-200 指令向导的 PID 功能创建
要在用户程序中使用此配置，请在每个扫描周期内使用 SM0.0 在主程序块中调用此子程序。此代码配置 PID 0。在 DB1 中可以找到从 VB0 开始的 PID 回路变量表。此子程序初始化 PID 控制逻辑使用的变量，并启动 PID 中断程序"PID_EXE"。PID 中断程序会根据 PID 采样时间被周期性调用。如需 PID 指令的完整说明，请参见《S7-200 系统手册》。注意：当 PID 处于手动模式时，输出应该通过写入一个标准化的数值（0.00 ～ 1.00）至手动输出参数来控制，而不是直接改动输出。这将使 PID 返回至自动模式时保持输出无扰动

图 9-19　PID 0_INIT 程序的变量定义

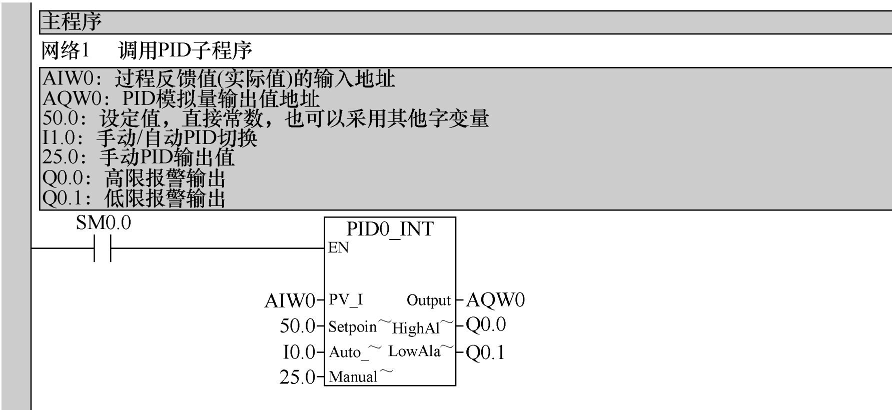


图 9-20　主程序

9.4　PID 控制应用案例：恒液位控制

1. 恒液位控制概述

图 9-21 所示是调节阀外观。该调节阀能够接收 0 ~ 10V 信号来进行开度调节，其中 10V 代表 100% 开度，0V 表示 0% 开度。由于容器液体的排放具有不确定性，因此水位传感器检测的信号始终处于变化中。现在要求能保证无论是怎样的扰动，容器的液位始终能保持一个恒定的位置，请设计相应的 PLC 控制回路，并编程。



图 9-21　调节阀外观

2. 硬件接线

恒液位控制的难点在于程序，而硬件接线相对简单，液位 PID 控

制硬件接线如图 9-22 所示，采用 EM235 模块作为模拟量输入和模拟量输出。根据图 9-22 可以知道，液位信号为 AIW 0，而调节阀输出信号为 AQW 0，I0. 0 为手动/自动切换（自锁按钮）。

图 9-22　液位 PID 控制硬件接线

3. 软件程序与调试

恒液位控制的软件通过 PID 向导建立，具体见 9. 3 节。但是 PID 程序编制完成后，并不是万事大吉，而是需要进行调试。

STEP 7-Micro/WIN 包括一个 PID 调节控制面板，如图 9-23 所示，令用户可用图形方式

图 9-23　PID 调节控制面板

监视 PID 回路的各种情形。此外，这个控制面板也可发起自动进行调节或中止调节，以及套用建议的调谐值或用户自己的调谐值。

图 9-24 所示为“高级 PID 自动调节参数”对话框。

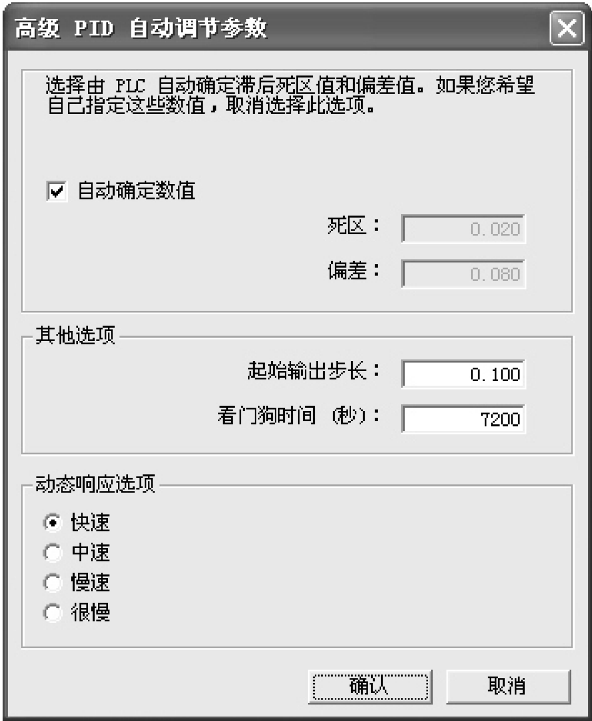


图 9-24　“高级 PID 自动调节参数”对话框

第 10 讲　通 信 控 制

导读

PLC 具有强大的串行通信功能，且相关应用指令丰富，能够很好地完成各种通信需求，合理利用通信功能将大大降低设备的制造成本，节省配线，提高抗干扰能力。由于 S7-200 PLC 能实现各种串行口协议，因此可以把西门子公司产品通过通信方式整合在一起，实现各种各样控制的功能要求。

10.1　S7-200 PLC 通信

1. 小型 PLC 通信系统

小型 PLC 通信系统是利用小型 PLC 的内置通信口 1、2 或者通信模块建立的自动化控制系统，以便于计算机监控、PLC 控制等。具体的小型 PLC 通信系统有两种方式，即 1∶1 通信系统和 1∶*N* 通信系统。

（1）1∶1 通信系统

所谓 1∶1 通信系统，即上位机在任何时候都只能与一台小型 PLC 建立通信关系，小型 PLC 之间也只能是建立一对一的连接关系。1∶1 通信系统非常适合于小型自动化装备系统的本地控制、远程监控和自动诊断。

1∶1 通信系统通常有以下三种建构方式：

1）通过小型 PLC 的内置通信口 1 或者 2 与上位机（计算机或工控机、触摸屏或文本操作器）外部设备之间进行 1∶1 通信。1∶1 通信系统建构一如图 10-1 所示。

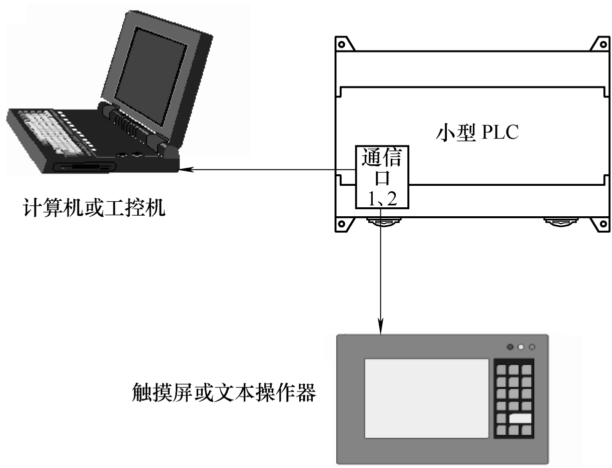


图 10-1　1∶1 通信系统建构一

2）通过内置通信口在主机与外部设备（监控系统）之间进行 1∶1 通信。1∶1 通信系统建构二如图 10-2 所示。

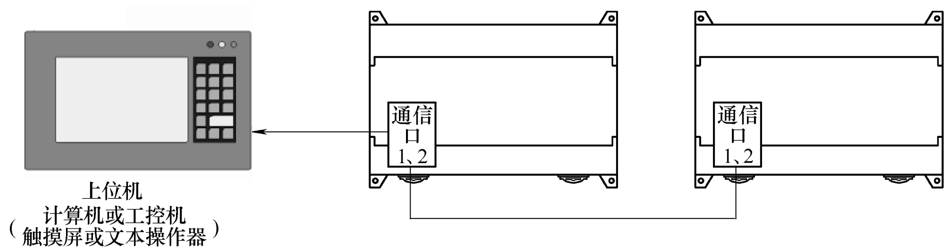


图 10-2　1∶1 通信系统建构二

3）通过通信模块和调制解调器（modem），进行远距离的 RS-232C 通信。设备之间进行 1∶1 通信。1∶1 通信系统建构三如图 10-3 所示。

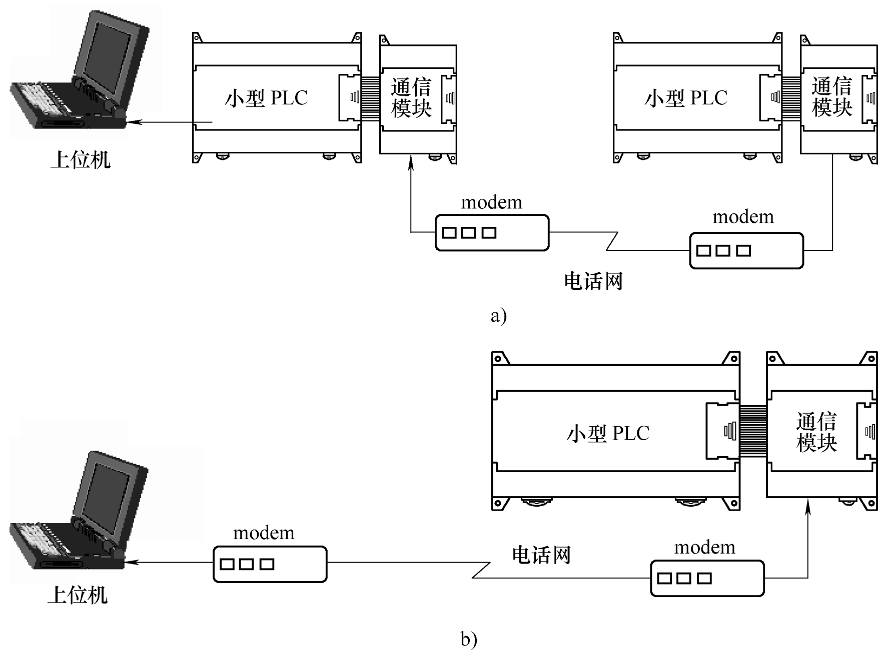


图 10-3　1∶1 通信系统建构三
a）modem 通信一　b）modem 通信二

（2）1∶*N* 通信系统

所谓 1∶*N* 通信系统就是一个上位机能够与 *N* 台主机进行通信，根据协议的不同，*N* 取值会不尽相同。一般而言，RS-485 系统多采用 *N* 最大为 32。

该通信方式共有两种构建形式，即利用扩展的通信模块（见图 10-4a）或者利用小型 PLC 内置的 RS-485 通信口（见图 10-4b）。

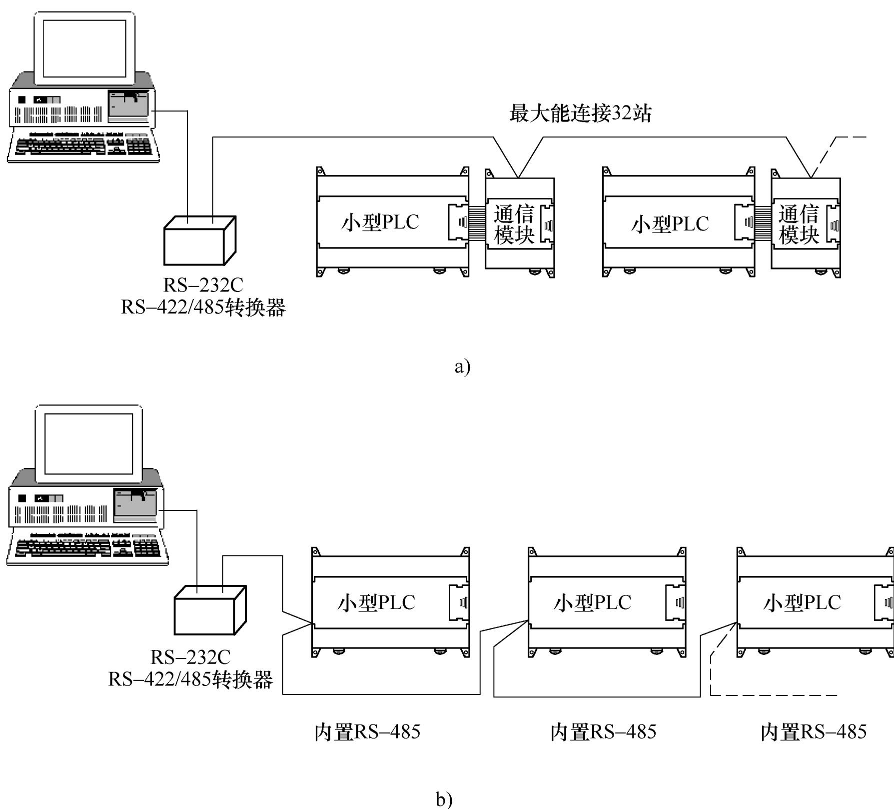


图 10-4　1∶N 通信系统建构

a）利用扩展的通信模块　b）利用内置的 RS-485 通信口

2. S7-200 PLC 的通信方式

（1）S7-200 PLC 的多种通信

西门子 S7-200 PLC 之间或者 PLC 与 PC 之间通信有很多种方式：自由口、PPI 方式、MPI 方式、Profibus 方式，其中前三者属于典型的 1∶1 或 1∶N 通信系统，而 Profibus-DP 则是 S7-200 PLC 具有的最为简洁的一种总线配置系统。

通过 EM277 Profibus-DP 扩展从站模块，可将 S7-200 CPU 连接到 Profibus-DP 网络，该端口可以运行于 9600bit/s 和 12Mbit/s 之间的任何速率。图 10-5 所示为 Profibus-DP 总线配置概况。

图 10-5 中，CPU315-2DP 是 DP 主站，并用带有 STEP7 编程软件的编程设备进行组态，CPU224 是 DP 从站，与 ET200B 的 I/O 模块功能相同，S7-400 PLC 连接到 Profibus-DP 网络，可以借助于 XGET 指令，从 CPU224 中获取数据。

（2）S7-200 PLC 的通信端口硬件

图 10-6 所示为 S7-200 PLC 的通信端口硬件（PORT0 或 PORT1），其硬件结构为RS-485，为了确保实现 1∶1 或 1∶N 通信系统，通常要进行通信端口的连接。图 10-7 所示为 RS-485 的 1∶N 连接方式，其中 B 与 B、A 与 A 相连，最首端和最末端均需要串接终端电阻。

当然，西门子公司还提供了 S7-200 PLC 专用通信连接器（见图 10-8），只需要将开关位置接通或断开即可，其原则也是首尾两端需要在“接通”位置。

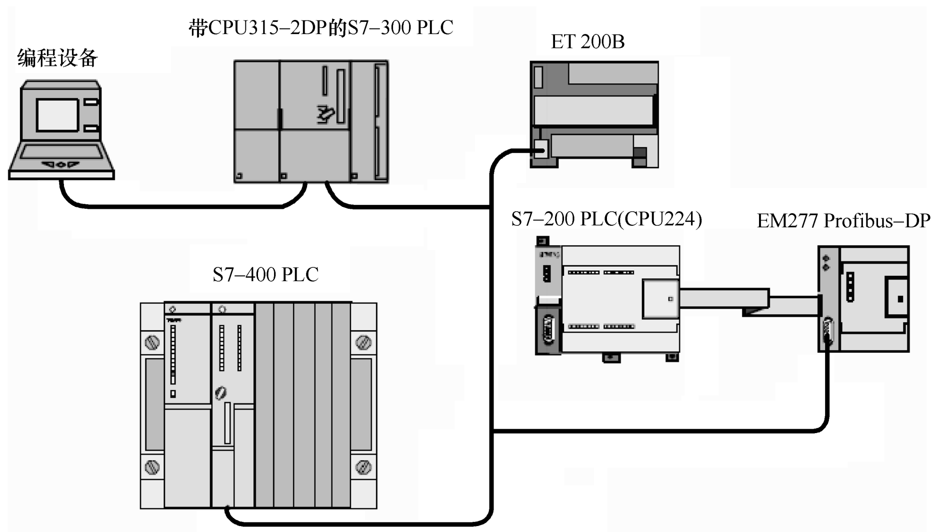


图 10-5　Profibus-DP 总线配置概况

连接器	插针号	RS-485
针脚1 针脚6 针脚9 针脚5	1	机壳接地
	2	逻辑地
	3	RS-485信号B
	4	RTS(TTL)
	5	逻辑地
	6	+5V、100Ω串联电阻器
	7	+24V
	8	RS-485信号A
	9	—
	连接器外壳	机壳接地

图 10-6　S7-200 PLC 的通信端口硬件

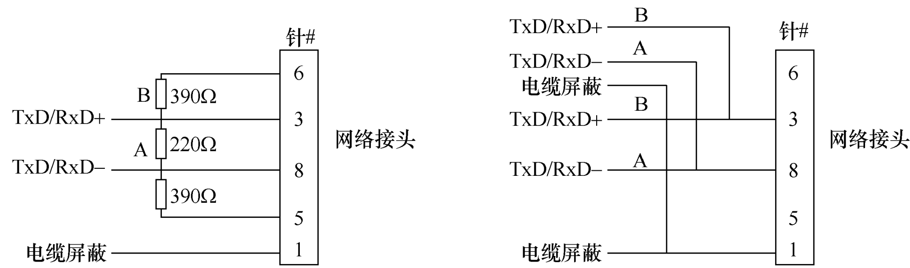


图 10-7　RS-485 的 1∶N 连接方式

3. PPI 通信

因为 S7-200 PLC 的编程口物理层为 RS-485 结构，因此西门子公司所提供的 STEP7-Micro/WIN 软件采用的是 PPI（Point to Point Interface）协议，可以用来传输、调试 PLC 程序。

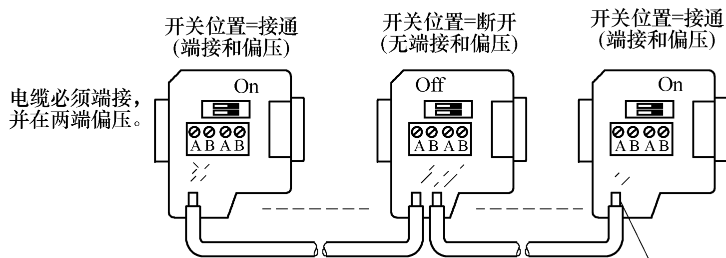


图 10-8　S7-200 PLC 专用通信连接器

西门子公司的 PPI 通信协议采用主从式的通信方式，一次读写操作的步骤包括：首先上位机发出读写命令，PLC 作出接收正确的响应，上位机接到此响应则发出确认申请命令，PLC 则完成正确的读写响应，回应给上位机数据。PPI 协议是 PLC 内部固化的通信协议，并不对外公开其协议。如果上位机遵循 PPI 协议来读写 PLC，就可以省略编写 PLC 的通信代码。

（1）单台主站 PPI 网络

单台主站 PPI 网络如图 10-9 所示显示了两个网络范例。在第一个范例中，编程站（STEP 7-Micro/WIN）是网络主站。在第二个范例中，一台人机接口（HMI）设备（例如 TD、TP 或 OP）是网络主站。

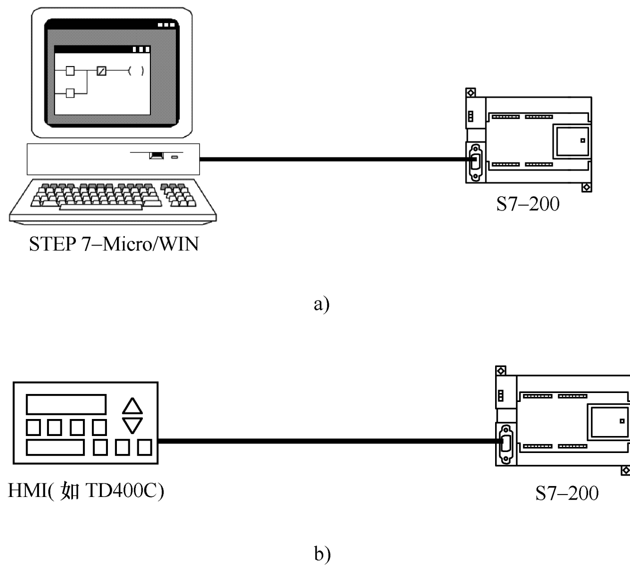


图 10-9　单台主站 PPI 网络

a）STEP 7-Micro/WIN 与 S7-200　b）HMI 与 S7-200

对于简单的单台主站网络，编程站和 S7-200 CPU 通过 PC/PPI 电缆或安装在编程站中的通信处理器（CP）卡连接。

在以上两个网络范例中，S7-200 CPU 是对来自主站的请求作出应答的从站。对于单台主站 PPI 配置，用户需要将 STEP 7-Micro/WIN 配置为使用 PPI 协议：选择单台主站、多台主站或 PPI 高级协议。

（2）多台主站 PPI 网络

图 10-10 所示为配备一台从站的多台主站 PPI 网络范例。编程站（STEP 7-Micro/WIN）使用 CP 卡或 PC/PPI 电缆，STEP 7-Micro/WIN 和 HMI 设备共享设备。STEP 7-Micro/WIN 和 HMI 设备均为主站，必须具有不同的网络地址，而 S7-200 CPU 是从站。

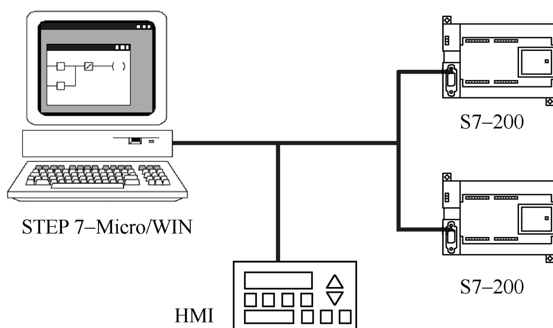


图 10-10　配备一台从站的多台主站网络范例

对于多台主站访问一台从站的网络，将 STEP 7-Micro/WIN 配置为使用 PPI 协议，并启用多台主站驱动程序。PPI 高级协议是最佳选择。当然，用户还可以购买 PPI 多台主站电缆，用于多台主站网络。如果使用此种电缆，多台主站和高级 PPI 复选框则无任何意义。电缆无须配置即会自动调整为适当的设置。

（3）复杂的 PPI 网络

图 10-11 所示为具有对等通信功能的多台主站的网络范例。STEP 7-Micro/WIN 和 HMI 设备在网络上从 S7-200 CPU 读取数据和向 S7-200 CPU 写入数据，S7-200 CPU 使用“网络读取”（NETR）和“网络写入”（NETW）指令相互读取和写入数据（点对点通信）。

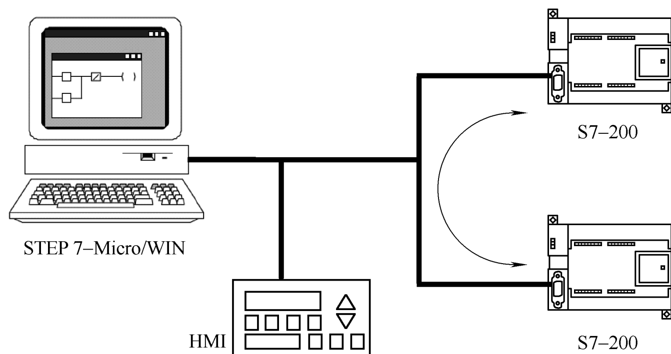


图 10-11　具有对等通信功能的多台主站的网络范例

对于此类复杂的 PPI 网络，将 STEP 7-Micro/WIN 配置为使用 PPI 协议，并启用多台主站驱动程序。PPI 高级协议是最佳选择。

图 10-12 所示为具有点对点通信功能的多台主站。在该范例中，每台 HMI 设备监管一台 S7-200 CPU。S7-200 CPU 使用 NETR 和 NETW 命令相互读取和写入数据（对等通信）。对于该网络，将 STEP 7-Micro/WIN 配置为使用 PPI 协议，并启用多台主站驱动程序。PPI 高级协议是最佳选择。

4. 自由口模式

在现场应用中，当需要 PLC 与上位机通信时，较多地使用自定义协议与上位机通信。在这种通信方式中，需要编程者首先定义自己的自由通信格式，在 PLC 中编写代码，利用中断方式控制通信端口的数据收发。当 PLC 的通信口定义为自由口时，PLC 的编程软件无法对 PLC 进行监控。

自由口模式允许程序控制 S7-200 CPU 的通信端口。用户可以使用自由口模式使用户定义通信协议与多种智能设备通信。自由口模式支持 ASCII 和二进制协议。

HMI
HMI
STEP 7–Micro/WIN
S7–200
S7–200

图 10-12　具有点对点通信功能的多台主站

欲启用自由口模式，可使用特殊内存字节 SMB30（用于 0 号端口）和 SMB130（用于 1 号端口）。用户可以从 SMB30 和 SMB130 读取或向 SMB30 和 SMB130 写入。这些字节配置各自的通信端口，进行自由口操作，并提供自由口或系统协议支持选择。SMB30/SMB130 的定义见表 10-1。

表 10-1　SMB30/SMB130 的定义

S7-200 符号名称	SM 地址		位格式	位格式（MSB … LSB）	
	端口 0	端口 1		7 … 0	
P0_Config	SMB30			p p d b b b m m	
P1_Config		SMB130			
	SM30.6-SM30.7	SM130.6-SM130.7	pp:	0 0	=无校验
				0 1	=偶校验
				1 0	=无校验
				1 1	=奇校验
	SM30.0-SM30.1	SM130.0-SM130.1	d:	0	=每个字符 8 个数据位
				1	=每个字符 7 个数据位
	SM30.2-SM30.4	SM130.2-SM130.4	bbb:	0 0 0	=38400bit/s
				0 0 1	=19200bit/s
				0 1 0	=9600bit/s
				0 1 1	=4800bit/s
				1 0 0	=2400bit/s
				1 0 1	=1200bit/s
				1 1 0	=115200bit/s*
				1 1 1	=57600bit/s*　*需要 S7-200 CPU 版本 1.2 或以上
P0 Config 0	SM30.0		mm:	0 0	=点对点接口协议（PPI/从属模式）
P1 Config 0		SM130.0		0 1	=自由口协议
	SM30.1	SM130.1		1 0	=PPI/主站模式
				1 1	=保留（PPI/从站模式默认值）
					注释：当选择代码 mm=10（PPI 主站模式）时，CPU 在网络上成为主站设备，允许执行 NETR 和 NETW 指令。字节 2~7 在 PPI 模式中被忽略

用户程序使用以下功能控制通信端口的操作：

1）传送指令（XMT）和传送中断："传送"指令允许 S7-200 CPU 从 COM 端口最多传送 255 字符。传送完成时，传送中断向 S7-200 中的程序发出通知。

2）接收字符中断：接收字符中断通知用户程序在 COM 端口中收到一个字符。程序则可根据正在执行的协议处理该字符。

3）接收指令(RCV)：接收指令从 COM 端口接收整条信息,完全收到信息后,为用户程序生成中断。使用 S7-200 PLC 的 SM 内存配置"接收"指令,根据定义的条件开始和停止信息接收。"接收"指令允许程序根据具体字符或时间间隙开始或停止信息。大多数协议可用接收指令执行。

自由口模式仅限在 S7-200 处于 RUN(运行)模式时才成为激活。将 S7-200 PLC 设为 STOP(停止)模式会使所有的自由口通信暂停,通信端口则返回至 S7-200 系统块中配置的 PPI 协议设置。

10.2　PPI 通信模式

1. NETR 与 NETW 指令

在 PPI 通信模式中，NETR 与 NETW 指令是最常见的两个指令（见图 10-13）。

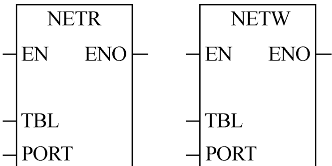


图 10-13　NETR 与 NETW 指令

网络读取（NETR）指令开始一项通信操作，通过指定的端口（PORT）根据表格（TBL）定义从远程设备收集数据。网络写入（NETW）指令开始一项通信操作，通过指定的端口（PORT）根据表格（TBL）定义向远程设备写入数据。NETR 指令可从远程站最多读取 16 字节信息，NETW 指令可向远程站最多写入 16 字节信息。可在程序中保持任意数目的 NETR/NETW 指令，但在任何时间最多只能有 8 条 NETR 和 NETW 指令被激活。例如，用户可以在特定 S7-200 PLC 中的同一时间有 4 条 NETR 和 4 条 NETW 指令，或 2 条 NETR 和 6 条 NETW 指令处于现用状态。

NETR 指令开始一项通信操作，通过指定的端口从远程设备搜集数据，并形成一个 TBL。NETW 指令开始一项通信操作，通过指定的端口向远程设备写一个 TBL 中的数据。TBL 的参数对照见表 10-2。

表 10-2　TBL 的参数对照

字节偏移量	7				0
0	D	A	E	0	错误代码
1	远程站地址				
2	指针指向				
3	数据区在				
4	远程站				
5	(I、Q、M或V)				
6	数据长度				
7	数据字节　0				
8	数据字节　1				
	⋮				
22	数据字节　15				

该表的说明如下：

D：完成（功能完成），　0 = 未完成，　1 = 完成；

A：现用（功能入队），　0 = 非现用，　1 = 现用；

E：错误，　0 = 无错，　1 = 错误；

远程站地址：存取数据的 PLC 地址；

指针指向：指向 PLC 中数据的间接指针；

数据长度：存取的数据字节数目（1～16）；

接收或传输数据区域：为数据保留的 1～16 个字节（由数据长度指定），对于 NETR，该数据区域指执行 NETR 之后从远程站读取的数值存储的区域；对于 NETW，该数据区域指执行 NETW 之前发送至远程站的数值存储的区域。

2. NETR/NETW 指令向导

图 10-14 所示是 NETR/NETW 指令向导范例，说明“NETR”和“NETW”指令向导的应用。在本范例中，要求将主站的 I0.0～I0.7 的状态映射到从站的 Q0.0～Q0.7，同时将从站的 I0.0～I0.7 的状态映射到主站的 Q0.0～Q0.7。

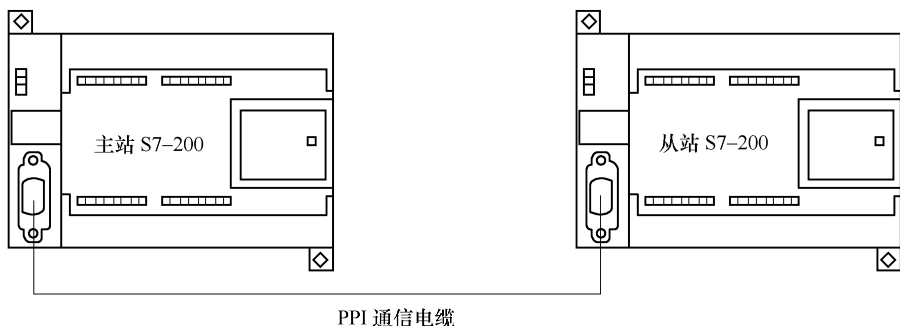


图 10-14　NETR/NETW 指令向导范例

以下为 NETR/NETW 指令向导使用的步骤：

（1）指定用户需要的网络操作数目

用户使用 NETR/NETW 指令向导，可以简化网络操作配置。向导将询问初始化选项，并根据用户选择生成完整的配置。向导允许配置多达 24 项独立的网络操作，并生成代码协调这些操作。

本例中，选择 2 项网络读/写操作（见图 10-15）。

（2）指定端口号和子程序名称

如果项目可能已经包含一个 NETR/NETW 向导配置，所有以前建立的配置均被自动载入向导。向导会提示用户完成以下两个步骤之一：

1）选择编辑现有配置，方法是单击“下一步”按钮；

2）选择从项目中删除现有配置，方法是选择“删除”复选框，并单击“完成”按钮。

如果不存在以前的配置，向导会询问以下信息：

1）PLC 必须被设为 PPI 主站模式才能进行通信。用户要指定通信将通过哪一个 PLC 端口进行；



图 10-15　指定用户需要的网络操作数目

2）向导建立一个用于执行具体网络操作的参数化子程序。向导还为子程序指定一个默认名称。

本例中新建一个配置，选择 PLC 端口 0 进行通信，可执行子程序名采用默认名称 NET_EXE。指定端口号和子程序名称如图 10-16 所示。

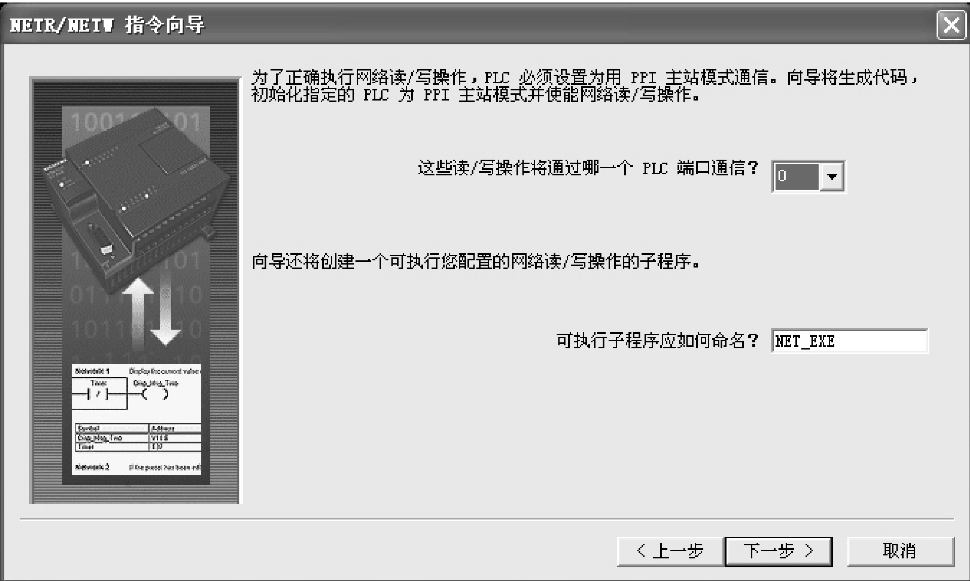


图 10-16　指定端口号和子程序名称

（3）指定网络操作

对于每项网络操作，用户需要提供下列信息：

1）指定操作是 NETR 还是 NETW；

2）指定从远程 PLC（NETR）读取的数据字节数或向远程 PLC（NETW）写入的数据字节数；

3）指定用户希望用于通信的远程 PLC 网络地址；

4）如果在配置 NETR，指定以下内容：

- 数据存储在本地 PLC 中的位置，有效操作数：VB、IB、QB、MB、LB；
- 从远程 PLC 读取数据的位置，有效操作数：VB、IB、QB、MB、LB；

5）如果在配置 NETW，指定以下内容：

- 数据存储在本地 PLC 中的位置，有效操作数：VB、IB、QB、MB、LB；
- 向远程 PLC 写入数据的位置，有效操作数：VB、IB、QB、MB、LB。

本例中，第 1 项操作为 NETR 指令，读取字节数为 1，远程 PLC 地址为 6，数据传输为 VB307（本地）、VB200（远程），如图 10-17 所示；单击“下一项操作”按钮，进入第 2 项 NERW 指令，读取字节数为 1，远程 PLC 地址为 6，数据传输为 VB207（本地）、VB300（远程），如图 10-18 所示。



图 10-17　第一项 NETR 指令

（4）分配 V 存储区

对于用户配置的每一项网络操作，要求有 12 字节的 V 存储区。用户指定可放置配置的 V 存储区起始地址。向导会自动建议一个地址，但可以编辑该地址。

本例中，采用建议地址为 VB0 至 VB18。分配 V 存储区如图 10-19 所示。

（5）生成程序代码

回答这些询问后，如图 10-20 所示，单击“完成”按钮，S7-200 指令向导将为指定的网

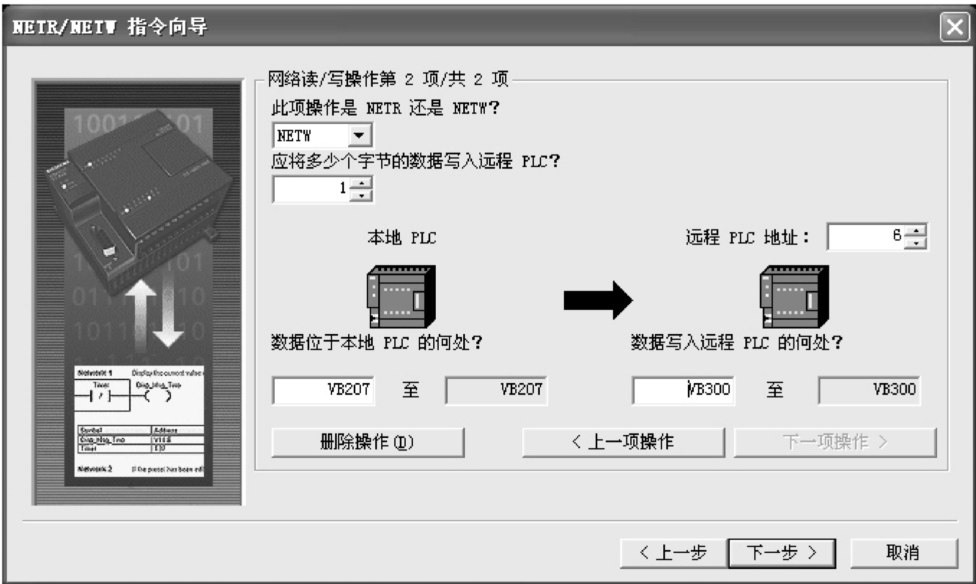


图 10-18 第二项 NERW 指令

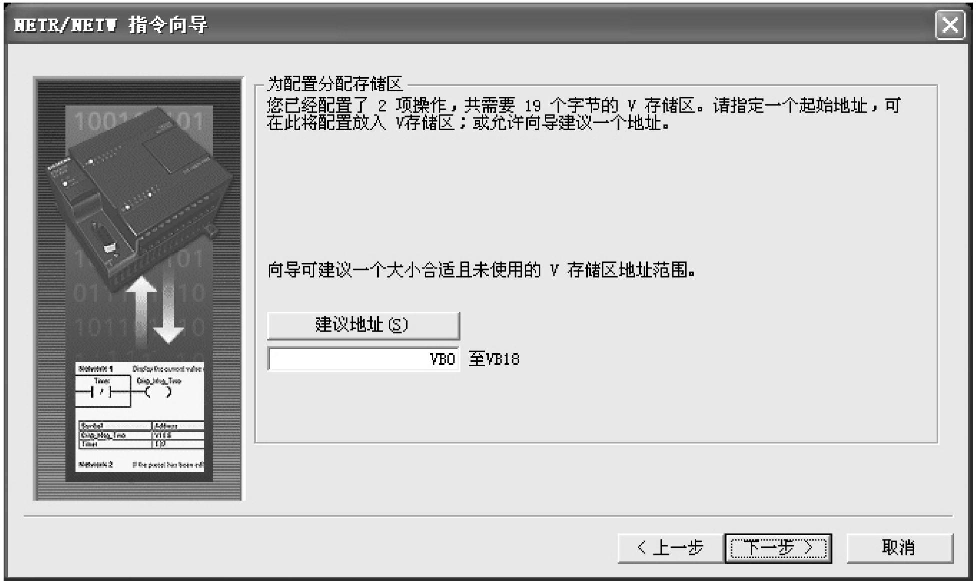


图 10-19 分配 V 存储区

络操作生成程序代码。由向导建立的子程序成为项目的一部分。

要在程序中使能网络通信，需要在主程序块中调用执行子程序（NET_EXE）。每次扫描周期时，使用 SM0.0 调用该子程序，主站主程序如图 10-21 所示。这样会启动配置网络操作。

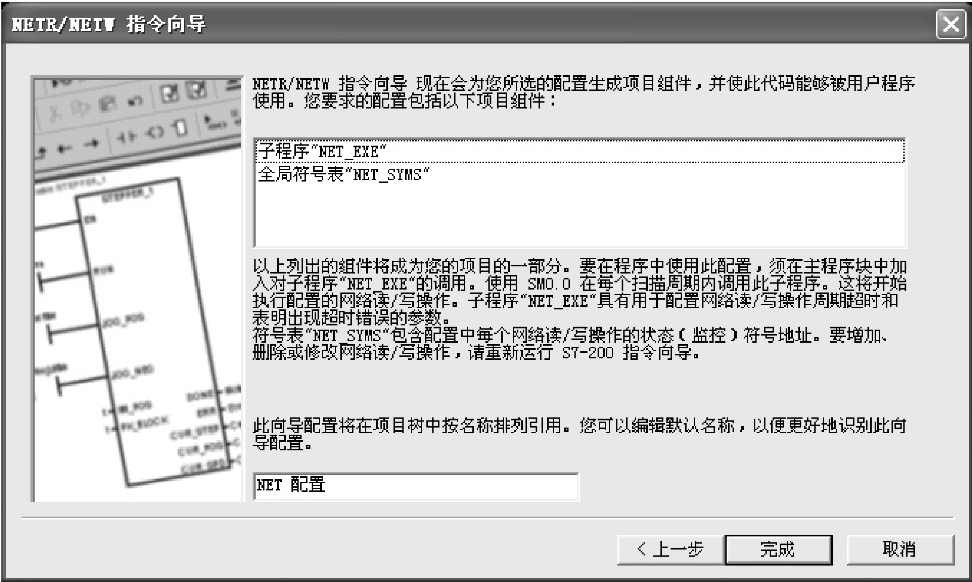


图 10-20　生成程序代码

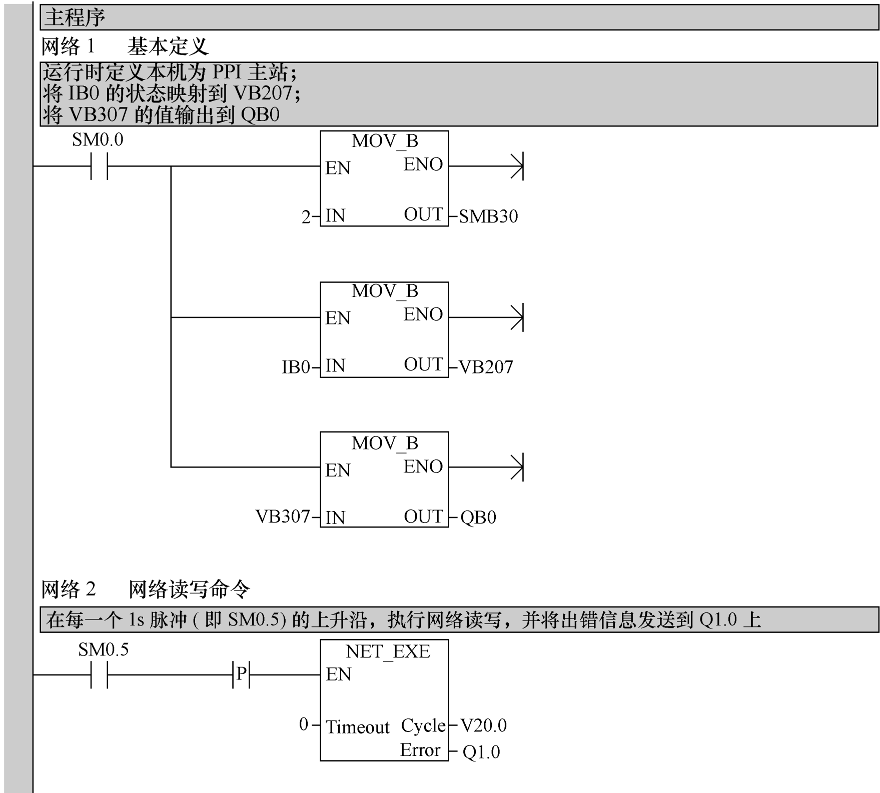


图 10-21　主站主程序

从站的子程序相对简单，在开机时清空 V 存储区数据，并将输入、输出与 V 存储区数据进行映射。从站子程序如图 10-22 所示。

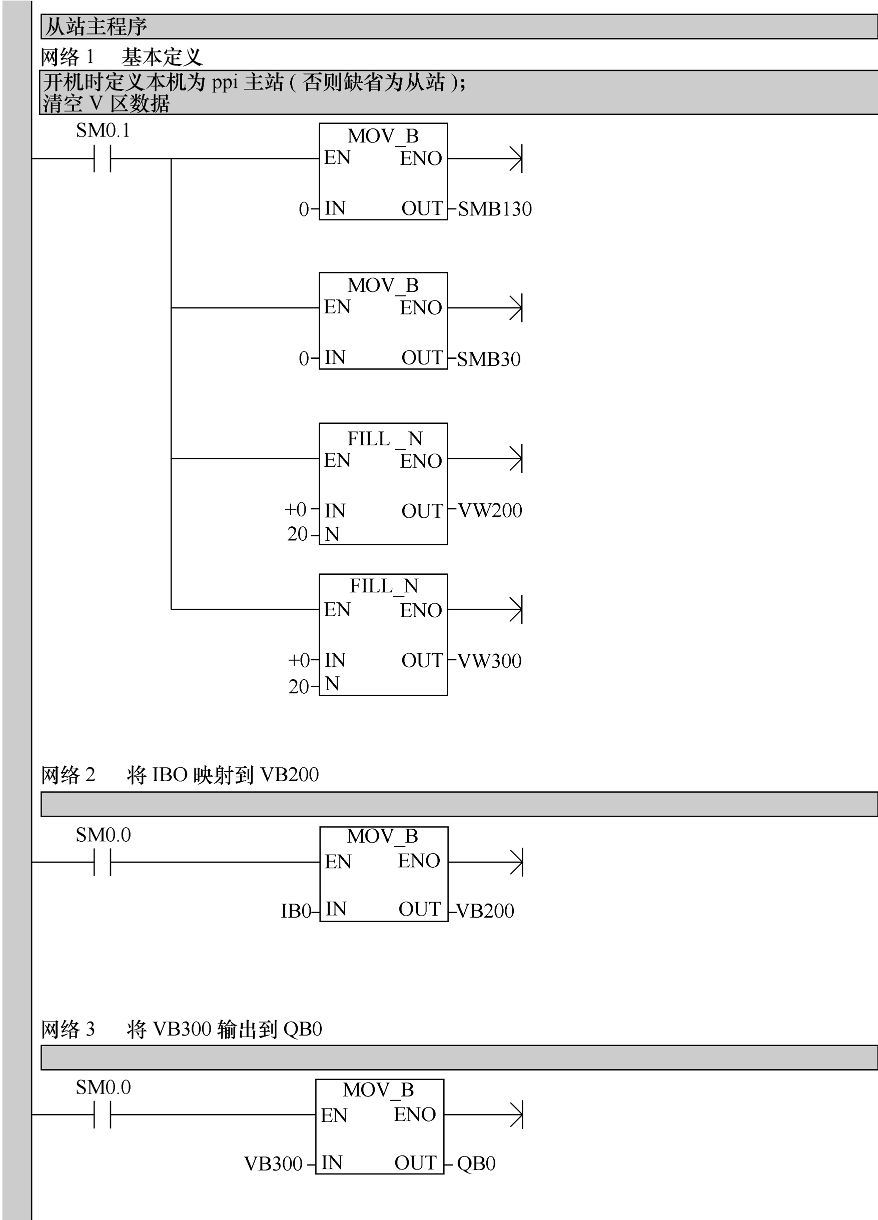


图 10-22　从站子程序

10.3　自由口通信模式

1. XMT 和 RCV 指令

自由口通信模式是一种可以由用户自定义的通信模式，它允许应用程序控制 S7-200 PLC 的通信端口来实现一些特定的功能。借助自由口通信模式，S7-200 PLC 可以与许多通信协

议公开的设备、控制器等进行通信，其波特率为 1200～115200bit/s。

在自由口通信模式中，XMT 与 RCV 指令是最常见的（见图 10-23）。传送（XMT）指令在自由口通信模式中使用，通过通信端口传送数据。接收（RCV）指令开始或终止“接收信息”服务。用户必须指定一个开始条件和一个结束条件“接收”方框才能操作。通过指定端口（PORT）接收的信息存储在数据缓冲区（TBL）中。数据缓冲区中的第一个条目指定接收的字节数目。

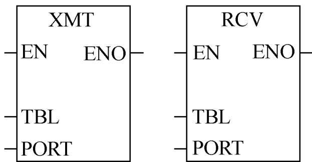


图 10-23　XMT 与 RCV 指令

（1）传送数据

“传送”指令允许传送一个或多个字符的缓冲区，最多可达 255 个字符。图 10-24 所示为“传送”缓冲区的格式。

如果在传送完成事件中附加一个中断例行程序，在缓冲区的最后一个字符传送后，S7-200PLC 会生成一个中断（端口 0 为中断事件 9，端口 1 为中断事件 26）。

用户可以不使用中断进行传送（例如将信息传送至打印机），方法是在传送完成时监控 SM4.5 或 SM4.6 发送信号。

用户可以将字符数设为零，并执行“传送”指令，用“传送”指令生成一个“断开”条件。这样可按当前波特率在 16 位时间行中生成一个“断开”条件。传送“断开”的处理方式与传送任何其他信息的相同之处在于，当“断开”完成时生成“传输”中断，且 SM4.5 或 SM4.6 发出“传送”操作当前状态的信号。

（2）接收数据

“接收”指令允许接收一个或多个字符的缓冲区，最多可达 255 字符。图 10-25 所示为“接收”缓冲区的格式。



图 10-24　“传送”缓冲区的格式

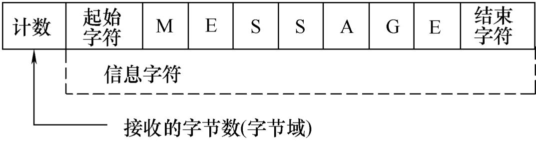


图 10-25　“接收”缓冲区的格式

如果在接收完成事件中附加一个中断例行程序，在缓冲区的最后一个字符接收后，S7-200 PLC 会生成一个中断（端口 0 为中断事件 23，端口 1 为中断事件 24）。可以不使用中断接收信息，方法是监控 SMB86（端口 0）或 SMB186（端口 1）。当“接收”指令为非现用或已经终止时，该字节则不是零。当接收正在执行时，该字节为零。

如同 SMB86～SMB94 和 SMB186～SMB194 接收信息控制中所示，“接收”指令允许您选择信息开始和信息结束条件。端口 0 使用 SMB86～SMB94，端口 1 使用 SMB186～SMB194。

2. 接收信息控制

尽管自由口通信的指令非常简单，但是如果在执行“接收”指令时通信端口中存在通信，接收功能可能会在该字符中间开始接收字符，并可能导致校验错误和接收信息终止。如果没有启用校验，接收的信息可能包含不正确的字符。为避免以上情况的发生，一般都需要进行接收信息控制。

SMB86～SMB94 以及 SMB186～SMB194 被用于控制和读取有关“接收信息”指令的状

态，接收信息状态字节和接收信息控制字节见表 10-3 和表 10-4。

表 10-3　接收信息状态字节

S7-200 符号名称	SM 地址		位格式	接收信息状态字节
	端口 0	端口 1		MSB 7 … LSB 0
P0 Stat Rcv	SMB86			n r e 0 0 t c p
P1 Stat Rcv		SMB186		
P0 Stat Rcv 7	SM86.7		n:	1 =接收信息被用户禁止命令终止
P1 Stat Rcv 7		SM186.7		
P0_Stat_Rcv_6	SM86.6		r:	1 =接收信息终止：输入参数错误或缺少起始或结束条件
P1_Stat_Rcv_6		SM186.6		
P0 Stat Rcv 5	SM86.5		e:	1 =收到结束符
P1 Stat Rcv 5		SM186.5		
P0 Stat Rcv 2	SM86.2		t:	1 =接收信息终止：定时器超时
P1 Stat Rcv 2		SM186.2		
P0_Stat_Rcv _1	SM86.1		c:	1 =接收信息终止：达到最大字符计数
P1_Stat_Rcv_1		SM186.1		
P0_Stat_Rcv_0	SM86.0		p:	1 =由于校验错误接收信息终止
P1 Stat Rcv 0		SM186.0		

表 10-4　接收信息控制字节

S7-200 符号名称	SM 地址		位格式	接收信息控制字节
	端口 0	端口 1		MSB 7 … LSB 0
P0 Ctrl Rcv	SMB87			en sc ec il c/m Tmr bk 0
P1_Ctrl_Rcv		SMB187		
P0 Ctrl Rcv 7	SM87.7		en:	0 =接收信息功能被禁止
P1_Ctrl_Rcv_7		SM187.7		1 =接收信息功能被使能
P0_Ctrl_Rcv_6	SM87.6		sc:	0 =忽略 SMB88 或 SMB188
P1_Ctrl_Rcv_6		SM187.6		1 =使用 SMB88 或 SMB188 数值检测信息开始
P0 Ctrl Rcv 5	SM87.5		ec:	0 =忽略 SMB89 或 SMB189
P1_Ctrl_Rcv_5		SM187.5		1 =使用 SMB89 或 SMB189 数值检测信息结束
P0 Ctrl Rcv 4	SM87.4		il:	0 =忽略 SMW90 或 SMB190
P1_Ctrl_Rcv_4		SM187.4		1 =使用 SMW190 数值检测空闲线条件
P0_Ctrl_Rcv_3	SM87.3		c/m:	0 =定时器是字符间计时器
P1_Ctrl_Rcv_3		SM187.3		1 =定时器是信息间定时器
P0_Ctrl_Rcv_2	SM87.2		tmr:	0 =忽略 SMW92 或 SMW192
P1_Ctrl_Rcv_2		SM187.2		1 =如果超出 SMW92 或 SMW192 中的时间段，则终止接收
P0_Ctrl_Rcv_1	SM87.1		bk:	0 =忽略断点条件
P1_Ctrl_Rcv_1		SM187.1		1 =将断点条件用作信息检测开始

（1）“接收”指令支持的几种开始条件

“接收”指令支持的几种开始条件如下：

1）空闲行检测：空闲行条件被定义为传输行中的静态或空闲行时间。当通信行处于静态或空闲达到 SMW90 或 SMW190 中指定的毫秒数时，开始接收。执行程序中的“接收”指令时，接收信息功能开始搜索空闲行条件。如果在空闲行时间失效之前收到任何字符，接收信息功能会忽略这些字符，用来自 SMW90 或 SMW190 的时间重新启动空闲行定时器。空闲行检测如图 10-26 所示。空闲行时间失效后，接收信息功能存储在信息缓冲区中随后接收的

所有字符。

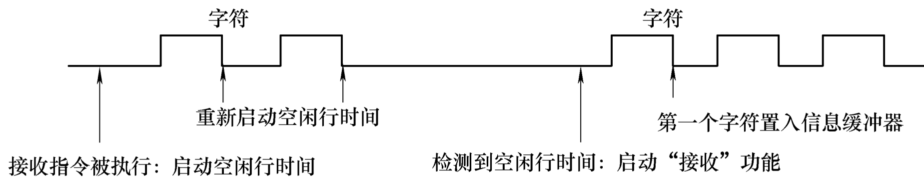


图 10-26　空闲行检测

按照指定的波特率，空闲行时间应当始终大于传输一个字符（起始位、数据位、校验和停止位）的时间。按照指定的波特率，空闲行时间的典型数值是 3 个字符时间。

用户将空闲行检测用作没有特定起始字符或指定信息间最小时间的二进制协议的开始条件。

设置：il = 1，sc = 0，bk = 0，SMW90/SMW190 = 空闲行超时（以毫秒为单位）。

（注：il、sc、bk 等均为 SMB87 和 SMB187 中的数据位，可以参看表 10-4。）

2）起始字符检测：起始字符是任何被用作信息第一个字符的字符。当收到在 SMB88 或 SMB188 中指定的起始字符时，信息开始。接收信息功能在接收缓冲区中将起始字符存储为信息的第一个字符。接收信息功能忽略在起始字符之前接收的任何字符。起始字符和在起始字符之后接收的所有字符存储在信息缓冲区中。

通常，在 ASCII 协议中使用起始字符检测，在 ASCII 协议中，所有的信息以相同的字符开始。

设置：il = 0，sc = 1，bk = 0，SMW90/SMW190 = 无关紧要，SMB88/SMB188 = 起始字符。

3）空闲行和起始字符：“接收”指令可以由空闲行和起始字符组合开始一则信息。执行“接收”指令时，接收信息功能搜索空闲行条件。找到空闲行条件后，接收信息功能寻找指定的起始字符。如果收到起始字符之外的任何字符，接收功能重新开始搜索空闲行条件。空闲行条件之前接收的所有字符均符合条件，起始字符之前接收的所有字符均被忽略。起始字符与所有其后的字符均被放置在信息缓冲区中。

按照指定的波特率，空闲行时间应当始终大于传输一个字符（起始位、数据位、校验和停止位）的时间。按照指定的波特率，空闲行时间的典型数值是 3 个字符时间。

通常，当存在指定信息间最小时间的协议且信息的第一个字符是地址或指定某一特定设备的符号时，则使用此类起始条件。这在实施通信链接上有多台设备的协议时十分有用。在此种情况下，只有在接收具体地址或由起始字符指定的设备时“接收”指令才触发中断。

设置：il = 1，sc = 1，bk = 0，SMW90/SMW190 > 0，SMB88/SMB188 = 起始字符。

4）断开检测：当接收的数据保持在零的时间大于一个整字符传输时间时，会指示断开。一个整字符传输时间被定义为起始、数据、校验和停止位的总时间。如果“接收”指令被配置为在接收断开条件时起始信息，在断开条件之后接收的任何字符均放置在信息缓冲区中。在断开条件之前接收的任何字符均被忽略。

通常，仅在协议要求时才将“断开”检测用作起始条件。

设置：il = 0，sc = 0，bk = 1，SMW90/SMW190 = 无关紧要，SMB88/SMB188 = 无关紧要。

5）断开和起始字符：“接收”指令可以被配置为在接收断开条件，且随之接收一个具

体起始字符后开始接收字符。在断开条件后，接收信息功能寻找指定的起始字符。如果收到起始字符之外的任何字符，接收功能重新开始搜索断开条件。断开条件之前接收的所有字符均符合条件，起始字符之前接收的所有字符均被忽略。起始字符与所有其后的字符均被放置在信息缓冲区中。

设置：il = 0，sc = 1，bk = 1，SMW90/SMW190 = 无关紧要，

SMB88/SMB188 = 起始字符。

6）任何字符："接收"指令可以被配置为立即开始接收任何和所有的字符，并将字符放置在信息缓冲区中。此为空闲行检测的特殊情况。在此种情况下，空闲行时间（SMW90 或 SMW190）被设为零。这样会强制"接收"指令在执行时立即开始接收字符。

设置：il = 1，sc = 0，bk = 0，SMW90/SMW190 = 0，SMB88/SMB188 = 无关紧要。

在接收任何字符时开始信息允许信息定时器被用于使信息接收超时。这在使用自由端口实施协议的主设备或主机部分时十分有用，此时如果在指定的时间内未从从属设备收到应答，则有必要超时。当"接收"指令执行时，信息定时器会启动，因为空闲行时间被设为零。如果未满足其他结束条件，信息定时器会超时，并终止接收。

设置：il = 1，sc = 0，bk = 0，SMW90/SMW190 = 0，SMB88/SMB188 = 无关紧要，c/m = 1，tmr = 1，SMW92 = 信息超时（以毫秒为单位）。

（2）"接收"指令支持终止信息的几种方法

"接收"指令支持终止信息的几种方法可在以下一种或几种条件组合的情况下终止信息：

1）结束字符检测：结束字符是被用于指示信息结束的任何字符。找到起始条件后，"接收"指令会检查接收的每个字符，查看是否与结束字符相符。收到结束字符时，结束字符被置入信息缓冲区中，接收终止。

通常，在 ASCⅡ协议中使用结束字符检测。可以将结束字符检测与字符间定时器、信息定时器或最大字符计数组合在一起使用，终止信息。

设置：ec = 1，SMB89/SMB189 = 结束字符。

2）字符间定时器：字符间时间是从一个字符的结束（停止位）到另一个字符的结束（停止位）之间的时间。如果字符间的时间（包括第二个字符）超过 SMW92 或 SMW192 中指定的毫秒数，接收信息被终止。在收到每个字符时，字符间定时器重新启动（见图 10-27）。

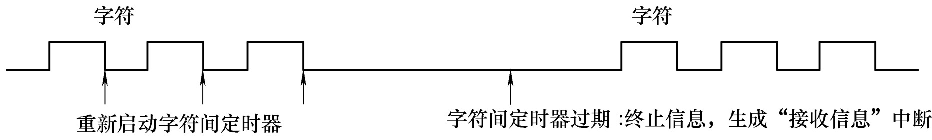


图 10-27　字符间计时器

可以使用字符间定时器终止用于无具体信息字符结束的协议的信息。该定时器必须按照所选的波特率设为大于一个字符时间的数值，因为该定时器总是包括接收一个整字符（起始位、数据位、校验和停止位）的时间。

可以将字符间定时器与结束字符检测和最大字符计数组合在一起使用，终止信息。

设置：c/m = 0，tmr = 1，SMW92/SMW192 = 超时（以毫秒为单位）。

3）信息定时器：信息定时器在信息开始后按照指定的时间终止信息。一旦符合接收信息的起始条件，信息定时器即启动。超过 SMW92 或 SMW192 中指定的毫秒数时，信息定时

器失效（见图 10-28）。

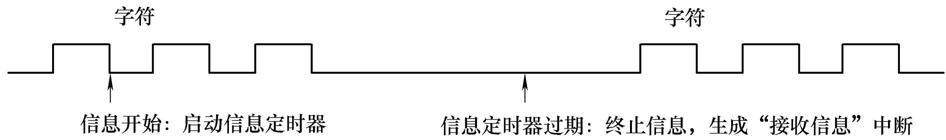


图 10-28　信息定时器

通常，当通信设备无法保证字符间不会有时间间隔或通过调制解调器操作时，可以使用信息定时器。对于调制解调器，可以使用信息定时器指定信息开始后允许接收信息的最长时间。信息定时器的典型数值约为按照选择的波特率接收最长信息所要求时间的 1.5 倍。

可以将信息定时器与结束字符检测和最大字符计数组合在一起使用，终止信息。

设置：c/m = 1，tmr = 1，SMW92/SMW192 = 超时（以毫秒为单位）。

4）最大字符计数：必须将需要接收的最大字符数（SMB94 或 SMB194）通知“接收”信息。当达到或超过该数值时，接收信息被终止。“接收”指令要求用户指定一个最大字符计数，即使该计数并未专门用作终止条件亦如此。这是因为“接收”指令需要了解接收信息的最大尺寸，以防在信息缓冲区之后放置的数据被覆盖。

最大字符计数可用于为具有已知信息长度且信息长度始终相同的协议终止信息。最大字符计数始终与结束字符检测、字符间定时器或信息定时器组合在一起使用。

5）校验错误：当硬件指示接收字符的校验错误时，“接收”指令会自动终止。只有当校验在 SMB30 或 SMB130 中被启用时，才会出现校验错误。

6）用户终止：用户程序可以执行另一条“接收”指令，并将 SMB87 或 SMB187 中的启用位（en）设为零，从而终止接收信息。这样会立即终止接收信息。

10.4　通信应用案例一：泵站远程监控

1. 泵站远程监控概述

随着各地水利、水电和给排水工程的不断进展，无人值守或少人值守泵站逐渐增多，为保障泵站的安全运行，并解决无人值守泵站的安全防范问题，非常有必要对泵站进行监控系统的建设。

泵站监控系统的功能主要包括：

1）实时采集水位、出水量等重要参数，实时将数据传送到监控中心；

2）计算机中心可随时查看每个泵站的情况；

3）计算机中心保存所有泵站的历史数据，自动形成分析曲线、自动生成报表；

4）其他常规测控功能强大，如可以远程控制水泵的起停，测量水泵电动机各种参数，给水泵电动机欠电压、过电压、断相、过电流、欠载后可自动远程报警等。

图 10-29 所示为某泵站监控系统示意，它包括一个蓄水池、4 台喷淋泵（1 台备用）和 4 台高压泵（1 台备用）。该泵站能在现场操作箱的控制下进行相应的工作，包括各种巡检功能、压力控制、故障报警和火警处理等。

现需要对泵站系统进行远程计算机监控改造，以达到少人值守的目的。

根据图 10-29 所示，该泵站监控工作情况和要求如下：

1）该泵站现在需要对 8 台泵的运行与故障进行监控，每台运行泵有 2 个输入信号（即

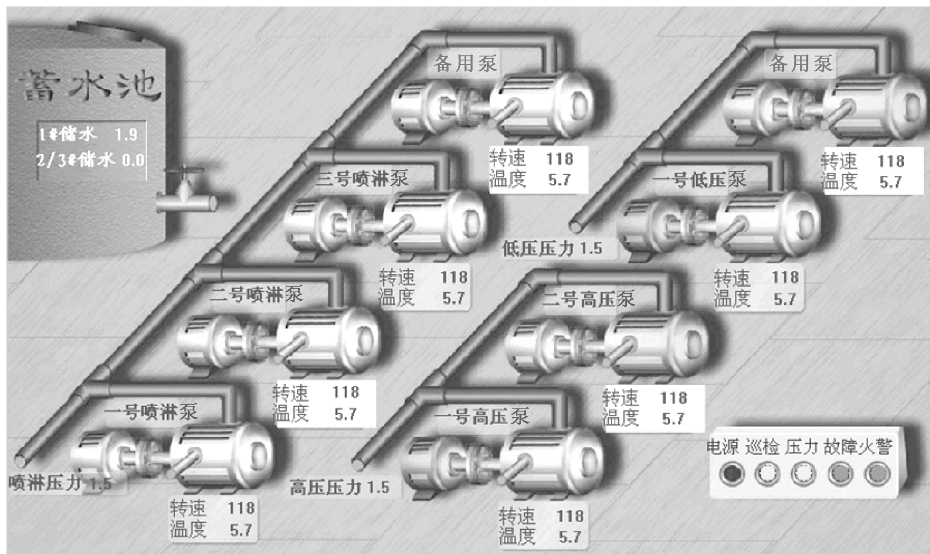


图 10-29　泵站监控系统示意

运行与故障信号），每台备用泵有 1 个输入信号（运行信号），共计 14 个点；

2）能在计算机上进行监控显示 14 个点的情况。

2. 泵站监控的硬件设计

该泵站监控系统的硬件接线示意如图 10-30 所示。其中，S7-200 PLC 与计算机（装有 Visual Basic 软件）通过 PC/PPI 电缆进行通信。

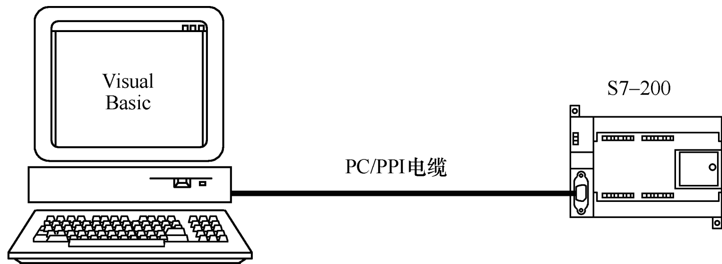


图 10-30　监控系统的硬件接线示意

监控系统的输入信号见表 10-5。

表 10-5　监控系统的输入信号

输入点	说明	输入点	说明
I0. 0 ~ I0. 1	1#喷淋泵运行与故障信号	I1. 0 ~ I1. 1	1#高压泵运行与故障信号
I0. 2	备用喷淋泵运行信号	I1. 2	备用高压泵运行信号
I0. 3	PPI/自由口通信切换开关	I1. 3	备用
I0. 4 ~ I0. 5	2#喷淋泵运行与故障信号	I1. 4 ~ I1. 5	2#高压泵运行与故障信号
I0. 6 ~ I0. 7	3#喷淋泵运行与故障信号	I1. 6 ~ I1. 7	1#高压泵运行与故障信号

3. 泵站监控的软件设计

（1）S7-200 PLC 程序的编制

泵站监控的 PLC 程序包括主程序、子程序 SBR_0、SBR_1 和中断子程序 INT_0，程序清单及注释如图 10-31 ~ 图 10-34 所示。

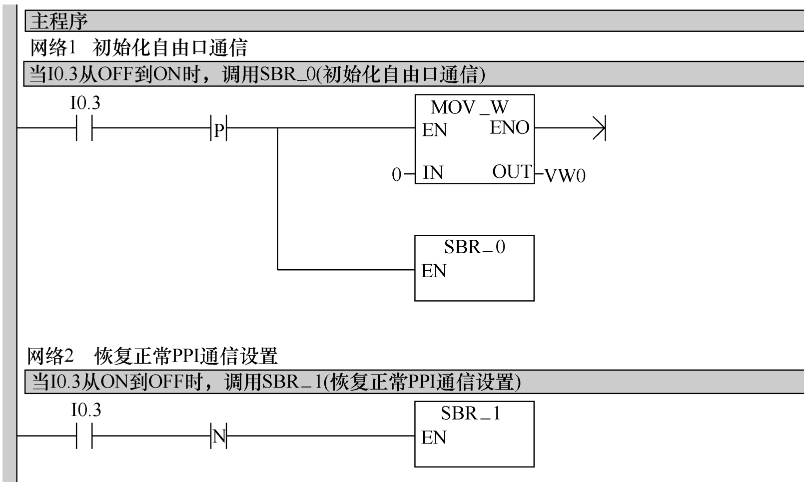


图 10-31 主程序

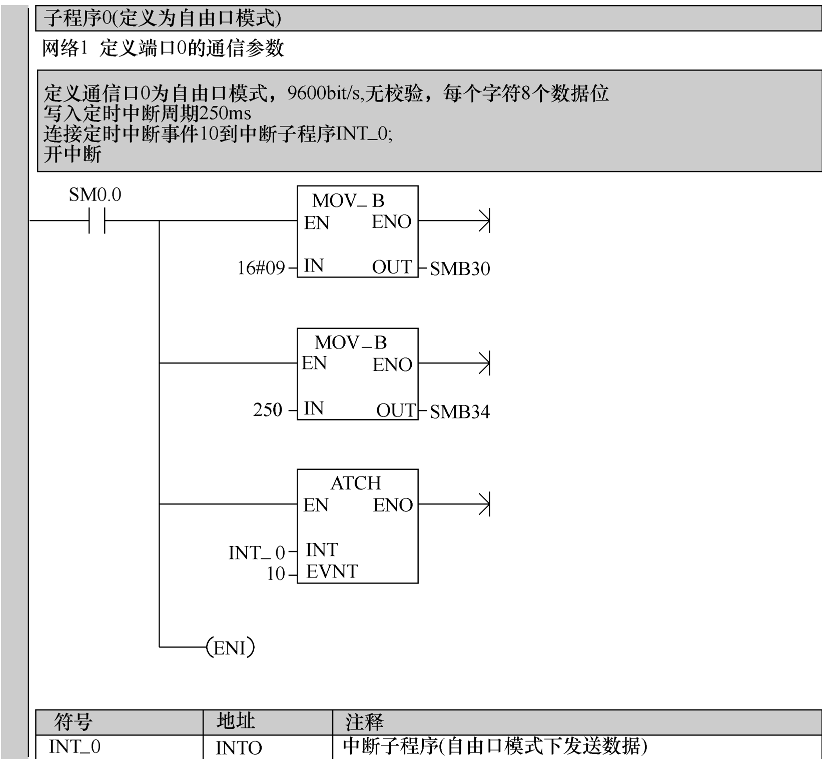


图 10-32 子程序 SBR_0

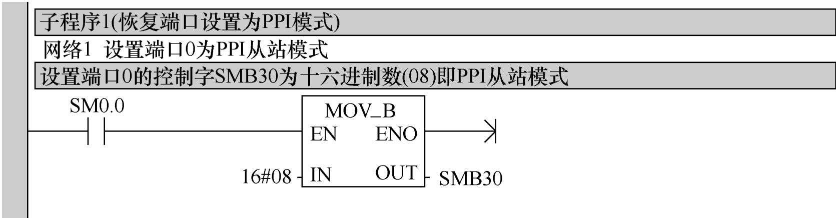


图 10-33 子程序 SBR_1

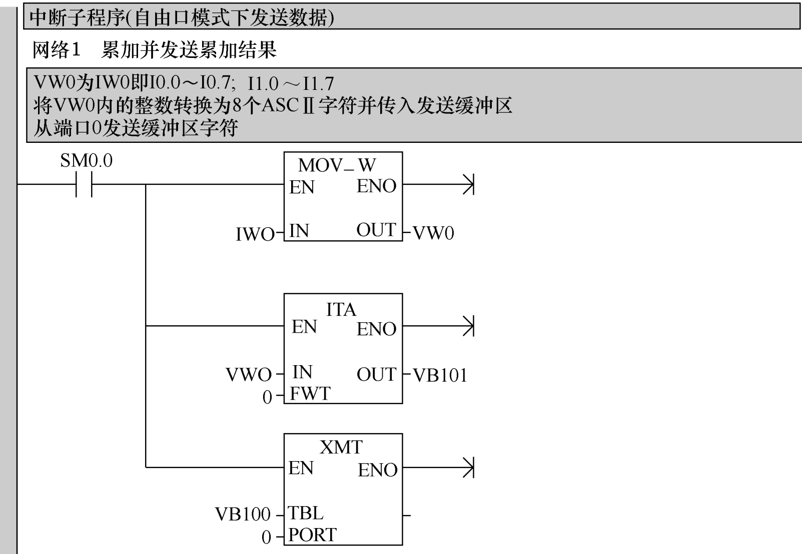


图 10-34　中断子程序 INT_0

（2） Visual Basic 软件编程

Visual Basic 是一种功能强大、简单易学的程序设计语言。它不但保留了原先 Basic 语言的全部功能，而且还增加了面向对象程序设计功能。它不仅可以方便快捷地编制适用于数据处理、多媒体等方面的程序，而且利用 ActiveX 控件 MSComm 还能十分方便地开发出使用计算机串行口的计算机通信程序。在泵站系统中，正是利用 MSComm 控件与 S7-200 进行通信。

Visual Basic 软件需要先选定 Microsoft Comm Control 控件 6.0(见图 10-35),同时可以从工



图 10-35　选定 Microsoft Comm 控件 6.0

具栏中看到标识（见图 10-36）。

MSComm 控件提供了两种处理通信的方式，一种为事件驱动方式，该方式相当于一般程序设计中的中断方式。当串行口发生事件或错误时，MSComm 控件会产生 OnComm 事件，用户程序可以捕获该事件进行相应处理。本例采用该方式。另一种为查询方式，在用户程序中设计定时或不定时查询 MSComm 控件的某些属性是否发生变化，从而确定相应处理方法。在程序空闲行时间较多时，可以采用该方式。

利用 MSComm 控件实现计算机通信的关键是理解并正确设置 MSComm 控件众多属性。以下是 MSComm 控件的常用属性：

- Commport：设置或返回串行口号。
- Settings：以字符串的形式设置或返回串行口通信参数。
- Portopen：设置或返回串行口状态。
- InputMode：设置或返回接收数据的类型。
- Inputlen：设置或返回一次从接收缓冲区中读取字节数。
- InBufferSize：设置或返回接收缓冲区的大小，默认值为 1024 字节。
- InBufferCount：设置或返回接收缓冲区中等待计算机接收的字符数。
- Input：从接收缓冲区中读取数据，并清空该缓冲区，该属性设计时无效，运行时只读。
- OutBufferSize：设置或返回发送缓冲区的大小，默认值为 512 字节。
- OutBufferCount：设置或返回发送缓冲区中等待计算机发送的字符数。
- Output：向发送缓冲区发送数据，该属性设计时无效，运行时只读。



图 10-36　MSComm 工具栏

- Rthreshold：该属性为一阈值。当接收缓冲区中字符数达到该值时，MSComm 控件设置 Commevent 属性为 ComEvReceive，并产生 OnComm 事件。用户可在 OnComm 事件处理程序中进行相应处理。若 Rthreshold 属性设置为 0，则不产生 OnComm 事件。例如用户希望接收缓冲区中达到一个字符就接收一个字符，可将 Rthreshold 设置为 1。这样接收缓冲区中接收到一个字符，就产生一次 OnComm 事件。
- Sthreshold：该属性亦为一阈值。当发送缓冲区中字符数小于该值时，MSComm 控件设置 Commevent 属性为 ComEvSend，并产生 OnComm 事件。若 Sthreshold 属性设置为 0，则不产生 OnComm 事件。要特别注意的是仅当发送缓冲区中字符数小于该值的瞬间才产生 OnComm 事件，其后就不再产生 OnComm 事件。例如 Sthreshold 设置为 3，仅当发送缓冲区中字符数从 3 降为 2 时，MSComm 控件设置 Commevent 属性为 ComEvSend，同时产生 OnComm 事件，如发送缓冲区中字符始终为 2，则不会再产生 OnComm 事件。这就避免了发送缓冲区中数据未发送完就反复发生 OnComm 事件。

- Commevent：这是一个非常重要的属性。该属性设计时无效，运行时只读。一旦串行口发生通信事件或产生错误，依据产生的事件和错误，MSComm 控件为 Commevent 属性赋不同的代码，同时产生 OnComm 事件。用户程序就可在 OnComm 事件处理程序中，针对不同的代码，进行相应的处理。

Visual Basic 界面如图 10-37 所示，Visual Basic 程序如图 10-38 所示。

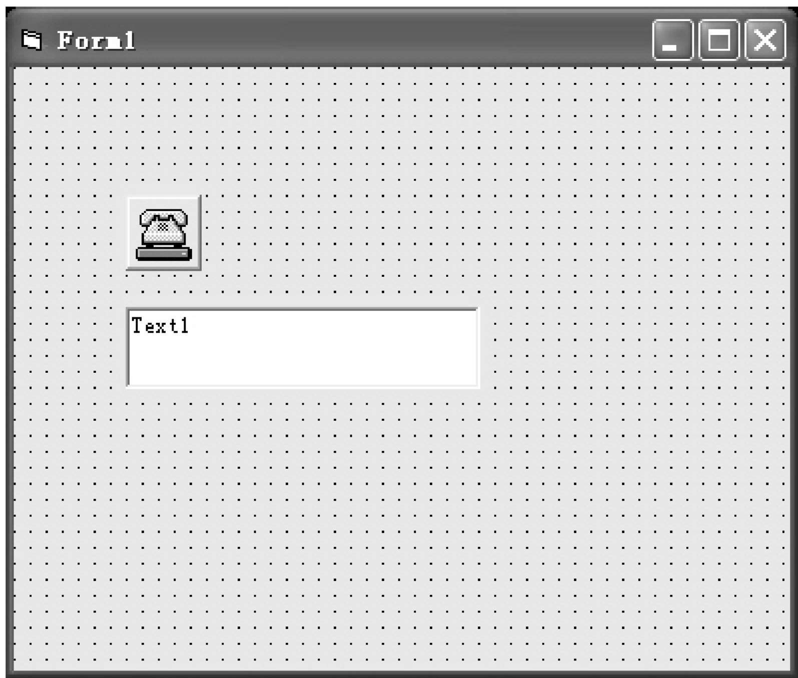


图 10-37　Visual Basic 界面

```
Private Sub Form_Load()
MSComm1.Settings = "9600,n,8,1" '暂定无校验，数据位8位，停止位1位
MSComm1.InputMode = comInputModeText '采用ASCII传输
MSComm1.InBufferCount = 0 '清空接受缓冲区
MSComm1.OutBufferCount = 0 '清空传输缓冲区
MSComm1.RThreshold = 1 '产生MSComm事件
MSComm1.InBufferSize = 1024
MSComm1.PortOpen = True
End Sub

Private Sub MSComm1_OnComm() '接收数据
Text1 = MSComm1.Input
End Sub
```

图 10-38　Visual Basic 程序

4. 监控程序的调试

泵站监控程序的调试可以分两步完成：

(1) 超级终端组态调试

第一步：把 PLC 的输入 I0.3 闭合，设置为"PPI 模式→自由口模式"，在 STEP7-Micro/WIN 打开的情况下，则可以看到（见图 10-39）。



图 10-39　"PPI 模式→自由口模式"

第二步：在 Windows 桌面上，单击"开始→附件→通信→超级终端"，为要建立的连接输入名称，如图 10-40 所

示。

第三步：选择连接时要使用的串行口，如图 10-41 所示。



图 10-40　建立连接

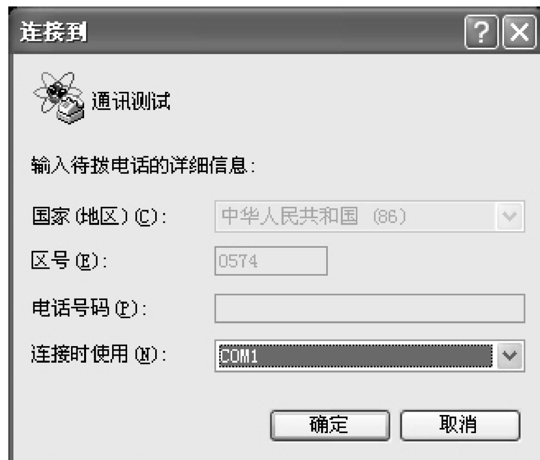


图 10-41　选择串行口

第四步：设置串行口通信参数并保存连接，注意此处设置要与 PLC 程序中对应，COM1 属性设置如图 10-42 所示。



图 10-42　COM1 属性设置

第五步：使用超级终端接收 S7-200 PLC 发送的信息，超级终端接收窗口如图 10-43 所示。其中，3840 十进制转化为二进制为 111100000000000，即对应 I0.0 ~ I0.3 为 ON，其余

均为 OFF。

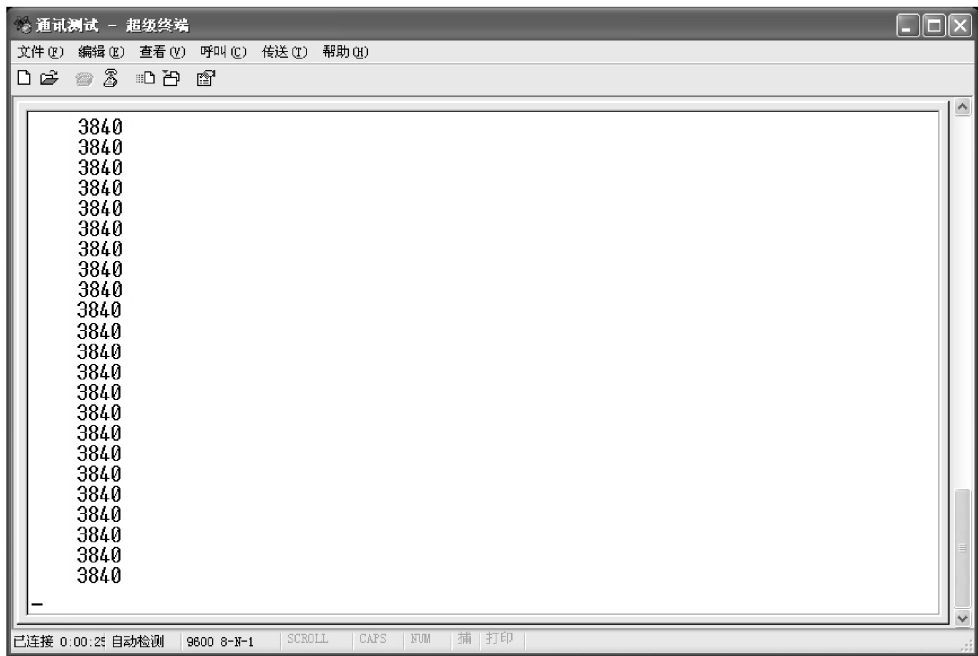


图 10-43　超级终端接收窗口

（2）Visual Basci 程序调试

直接运行 Visual Basic 程序，如图 10-44 所示。

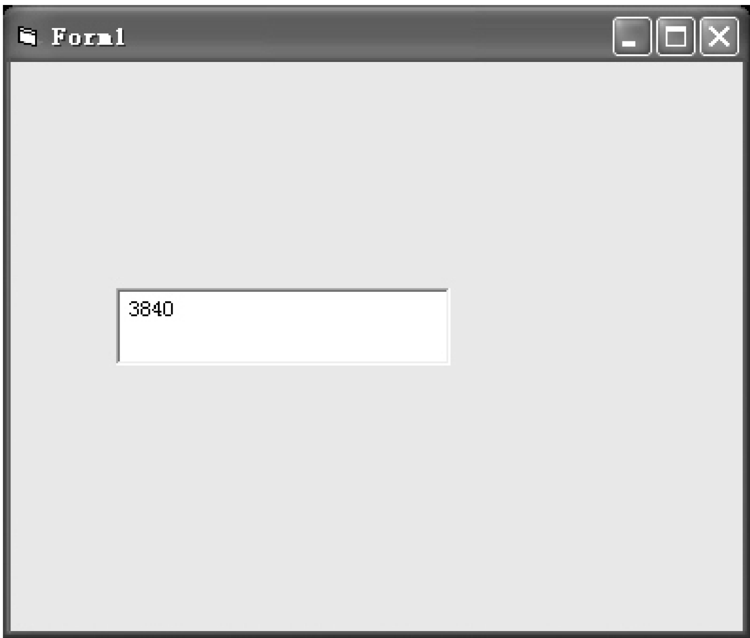


图 10-44　运行 Visual Basic 程序

10.5　通信应用案例二:与三垦变频器进行通信

1. 三垦 SHF/SPF 变频器概述

三垦 SHF/SPF 变频器应用非常广泛,它能通过串行口通信端子与各类 PLC 进行通信,控制内容是变频器的运行、停止、频率设定、监视运行状况、读取功能代码及设定等。三垦 SHF/SPF 变频器的通信端子的含义见表 10-6。

表 10-6　三垦 SHF/SPF 变频器的通信端子的含义

端子标记	端子名称	功　　能
TRA	数据收发端子(+)	用 RS-485 通信接口与计算机连接时,请连接"+"信号端子
TRB	数据收发端子(-)	用 RS-485 通信接口与计算机连接时,请连接"-"信号端子
RXR	终端端子	用 RS-485 通信接口在计算机连接多个变频器时,仅最末尾的变频器连接 TRB 端子和 RXR 端子

三垦变频器与通信紧密相关的参数说明见表 10-7。

表 10-7　三垦变频器与通信紧密相关的参数说明

代码	说　　明
Cd142	有无电文检验和 选择是否对通信电文进行附加检验和 0:不 1:附加(出厂设定)
Cd143	RS-232C/RS-485 的切换 选择通信方式 1:RS-232C(出厂设定) 2:RS-485
Cd144	选择提升/衰减功能 选择 RS-485 通信电路的提升/衰减 0:无(出厂设定) 1:有
Cd146	通信功能 选择通信功能 0:没有该功能(出厂设定) 1:有串行通信功能
Cd147	变频器编号 请在 1 ~32 之中进行设定。此时,请注意不要与其他的变频器号码重复(出厂设定 =1) 注意:① 设定了相同号码时,不能保证正常工作 ② 各变频器设定的号码无须是连续号码,缺号也没有关系
Cd148	通信速率的设定 1:1200 bit/s 2:2400 bit/s 3:4800 bit/s(出厂设定) 4:9600 bit/s 5:19200 bit/s

（续）

代码	说　　明
Cd149	奇偶检验位的设定 0：无 1：奇数（出厂设定） 2：偶数
Cd150	停止位的设定 1：1 位（出厂设定） 2：2 位
Cd151	终止位的设定 0：CR，LF（出厂设定） 1：CR

三星变频器指令一览表见表 10-8。

表 10-8　三星变频器指令一览表

指令类别	指令	处理内容	备　　注
读取数据	A	报警内容	
	B	功能码数据	
	C	输出频率	
	D	输出电流	
	E	DC 耦合电压	
	F	散热片温度	
	G	负载率	
	H	运转状态 1	
	I	运转状态 2	
	J	控制端子台输入状态	
	K	输出电压	
	L	VRF1 控制电路端子输入值	
	M	IRF/VRF2 控制电路端子输入值	
写入数据	N	功能代码数据	
	O	频率设定	
运转、停止、复位	P	正向运转	Cd001 = 3 时能设定
	Q	反向运转	Cd001 = 3 时能设定
	R	停止	
	S	报警复位	
报警自动通知	X	允许报警自动通知	
	Y	禁止报警自动通知	
	Z	自动通知	
广播控制运转	a	选择广播控制变频器	
	b	指定广播控制变频器的运转方向	
	c	解除统括控制变频器	
	d	广播控制运转	Cd001 = 3 时能设定
	e	广播控制停止	
错误	?	错误应答	

PLC 与三星变频器通信的电文格式有以下两种：

1) ASCⅡ形式：仅以文字代码构成的电文的一种形式；

2) Binary 形式：以十六进制数据构成变频器的编号及数据部分的一种形式。与 ASCⅡ形式相比，Binary 形式的电文长度较短，一次通信所需时间也很短，仅能在频率设定指令(O)、正转指令(P)、反转指令(Q)、停止指令(R)、报警解除(S)的情况下使用。

在本案例中，使用 ASCⅡ形式进行，其中 PLC 到变频器的电文(ASCⅡ形式)见表 10-9，从变频器到 PLC 的电文(ASCⅡ形式)见表 10-10。

表 10-9　PLC 到变频器的电文

项目		名称	内　容
①	HD	开始代码	电文传送开始代码("＊"：ASCⅡ代码 2AH)
②③	IN	变频器编号	接收方的变频器编号。数据形式固定为 2 字节 变频器编号是指功能代码 Cd147 设定的数据 例：变频器编号 20 时，②→"2"、③→"0"
④	OP	指令代号	变频器的指令代码
⑤	DT	数据	例：读写功能代码数据时的数据内容 1) 功能代码编号指定部分(数据形式固定为 3 字节) 例：代码编号 C031 时 (1)→"0"　(2)→"3"　(3)→"1" 2) 功能代码数据指定部分(数据形式固定为 5 字节) 例：数据为"1　2　3"时 (4)→"0"　(5)→"0"　(6)→"1" (7)→"2"　(8)→"3" (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) 代码编号　代码数据 ◎数据长度及形式由各指令决定。详细情况请参照电文构成的详表
⑥	SUM	检验和	将①～⑤的数据以二进制求和，将得到的结果的低位字节的 2 的补码提出，附加 bit7 为 0、bit6 为 1 的数据
⑦⑧或⑦	EM	终止代码	请参照数据传送终止代码，由功能代码 Cd151 来决定 ASCⅡ ODH("CR")、OAH("LF")或者 0DH("CR")

表 10-10　从变频器到 PLC 的电文

项目		名称	内　容
①	HD	开始代码	电文的传送开始代码("＊"：ASCⅡ码 2AH)
②③	IN	变频器编号	发信端的变频器编号。数据形式用两个字节表示 变频器编号是由功能代码 Cd147 所确定的数据 例：变频器编号为 20 时，②→"2"、③→"0"
④	OP	指令代码	与来自计算机的指令代码相同 应答错误时为"?"

（续）

项目		名称	内　　容
⑤	DT	数据	例：读取功能代码数据时 1）在正常读取数据时，读取数据为 5 个二进制数组的固定长度 例：读取数据 123 时 （1）→“0”　（2）→“0”　（3）→“1” （4）→“2”　（5）→“3” 例：在没有读取数据时，正常终止代码为 （1）→“e”　（2）→“F”　（3）→“F” （4）→“F”　（5）→“0” 2）应答错误时，用 5 字节的固定长度返回错误代码或干扰代码 (1) (2) (3) (4) (5) ⑤数据区域 ◎数据长度及形式是由每个指令所决定的。详细内容请参照《电文详细构成》
⑥	SUM	检验和	将①～⑤的数据进行二进制相加，取其结果的低位字节的 2 的补数，附加 bit7 为 0，bit6 为 1
⑦⑧或⑦	EM	终止代码	请参照数据传送终止代码，由功能代码 Cd151 加以决定 ASCⅡ代码 0DH（“CR”）及 0AH（“LF”）或者 0DH（“CR”）

2. S7-200 与三垦变频器通信及其软件编程

（1）三垦变频器要求设置基本通信参数

根据要求进行变频器参数设置，具体如下：

cd001 ＝3　cd002 ＝14　cd142 ＝2（加检验和）　cd144 ＝0　cd146 ＝1　cd147 ＝4　cd148 ＝4　cd149 ＝0　cd150 ＝1　cd151 ＝1　cd152 ＝0

（2）软件编程

本程序主要实现通信控制变频器的起动、停止、加速等功能，采用 ASCII 方式进行，需要进行校验和（SUM）计算、通信初始化等。

其中，主程序如图 10-45 所示。

通信初始化参数子程序如图 10-46 所示。

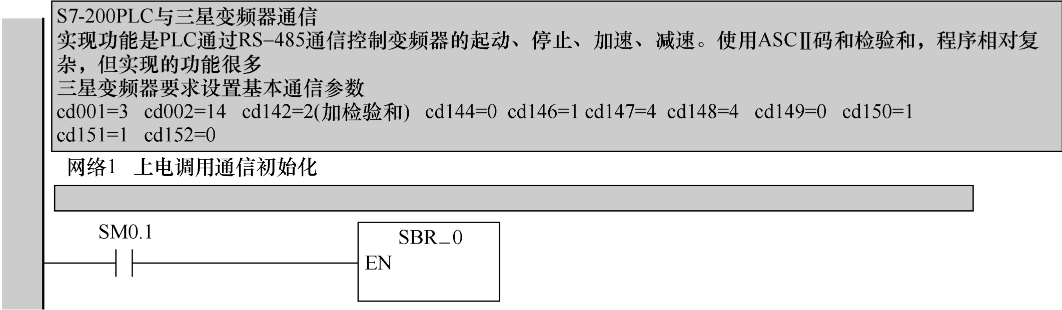
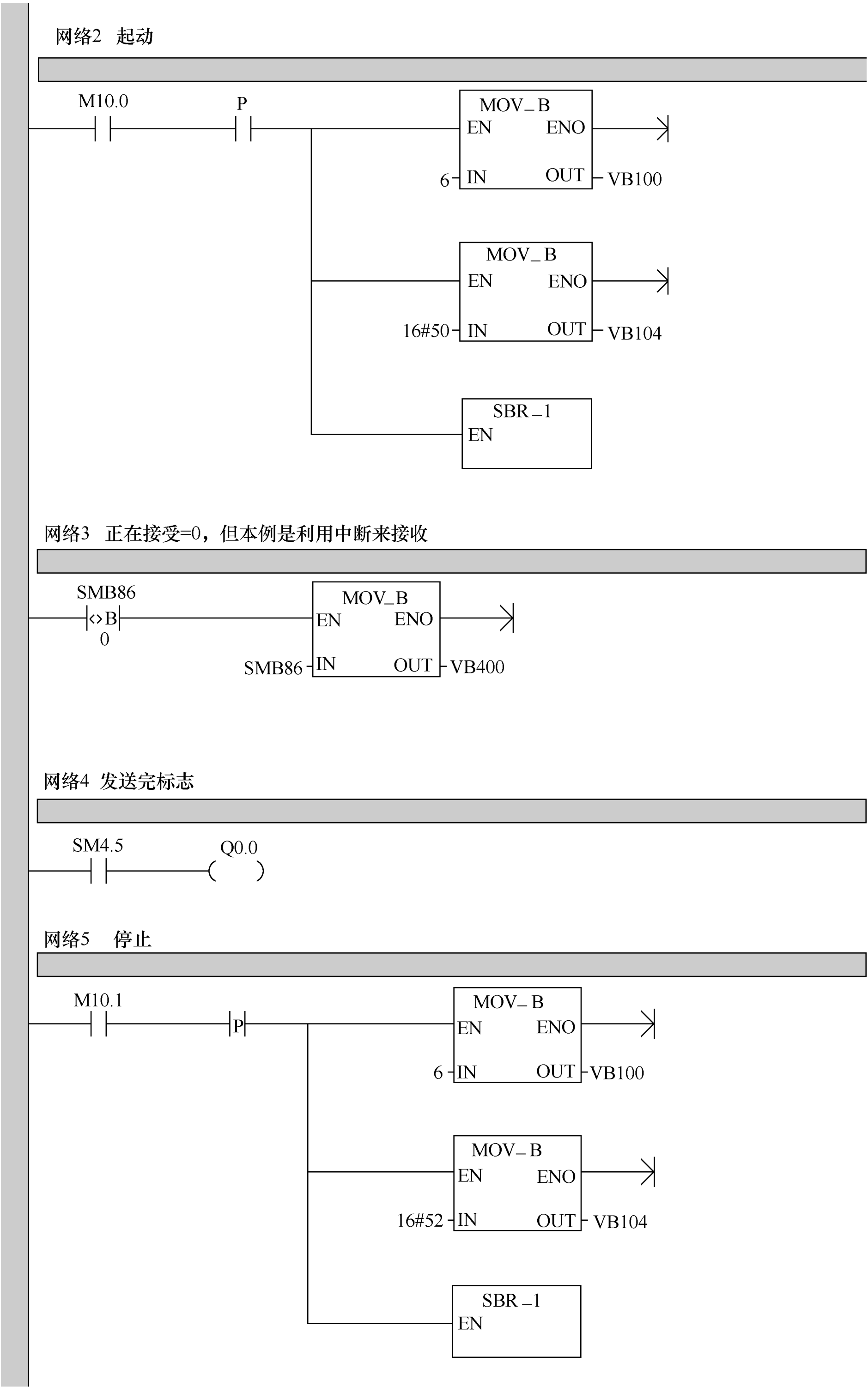


图 10-45　主程序



网络2　起动
M10.0
P
MOV_B
EN
ENO
6
IN
OUT
VB100
MOV_B
EN
ENO
16#50
IN
OUT
VB104
SBR_1
EN
网络3　正在接受=0，但本例是利用中断来接收
SMB86
<>B
0
MOV_B
EN
ENO
SMB86
IN
OUT
VB400
网络4　发送完标志
SM4.5
Q0.0
网络5　停止
M10.1
P
MOV_B
EN
ENO
6
IN
OUT
VB100
MOV_B
EN
ENO
16#52
IN
OUT
VB104
SBR_1
EN

图 10-45　（续）

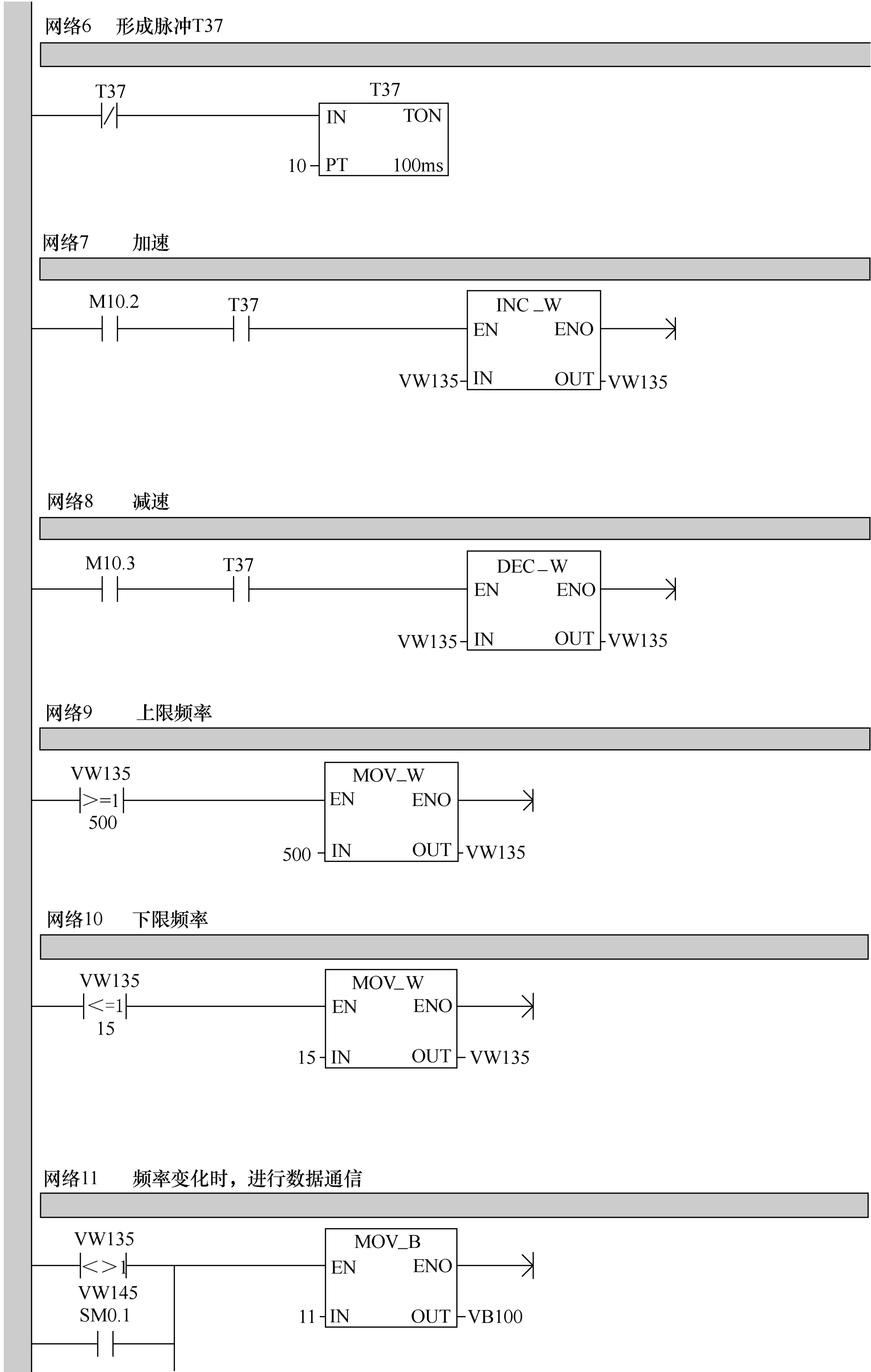

网络6　形成脉冲T37
T37
T37
IN　TON
10　PT　100ms
网络7　加速
M10.2
T37
INC_W
EN　ENO
VW135　IN　OUT　VW135
网络8　减速
M10.3
T37
DEC_W
EN　ENO
VW135　IN　OUT　VW135
网络9　上限频率
VW135
>=I
500
MOV_W
EN　ENO
500　IN　OUT　VW135
网络10　下限频率
VW135
<=I
15
MOV_W
EN　ENO
15　IN　OUT　VW135
网络11　频率变化时，进行数据通信
VW135
<>I
VW145
SM0.1
MOV_B
EN　ENO
11　IN　OUT　VB100

图 10-45　（续）

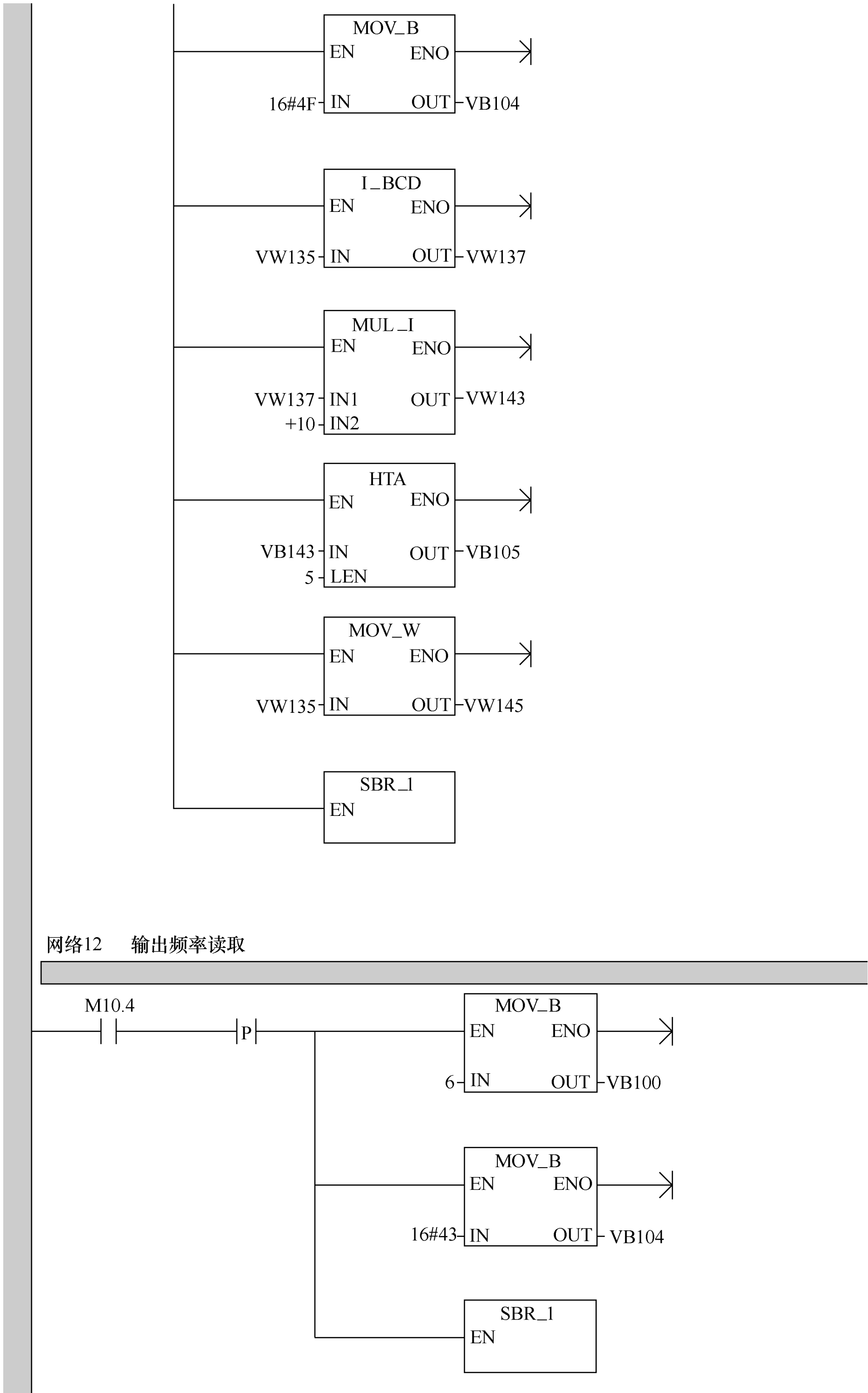

MOV_B
EN
ENO
16#4F
IN
OUT
VB104
I_BCD
EN
ENO
VW135
IN
OUT
VW137
MUL_I
EN
ENO
VW137
IN1
OUT
VW143
+10
IN2
HTA
EN
ENO
VB143
IN
OUT
VB105
5
LEN
MOV_W
EN
ENO
VW135
IN
OUT
VW145
SBR_1
EN
网络12 输出频率读取
M10.4
P
MOV_B
EN
ENO
6
IN
OUT
VB100
MOV_B
EN
ENO
16#43
IN
OUT
VB104
SBR_1
EN

图 10-45 （续）

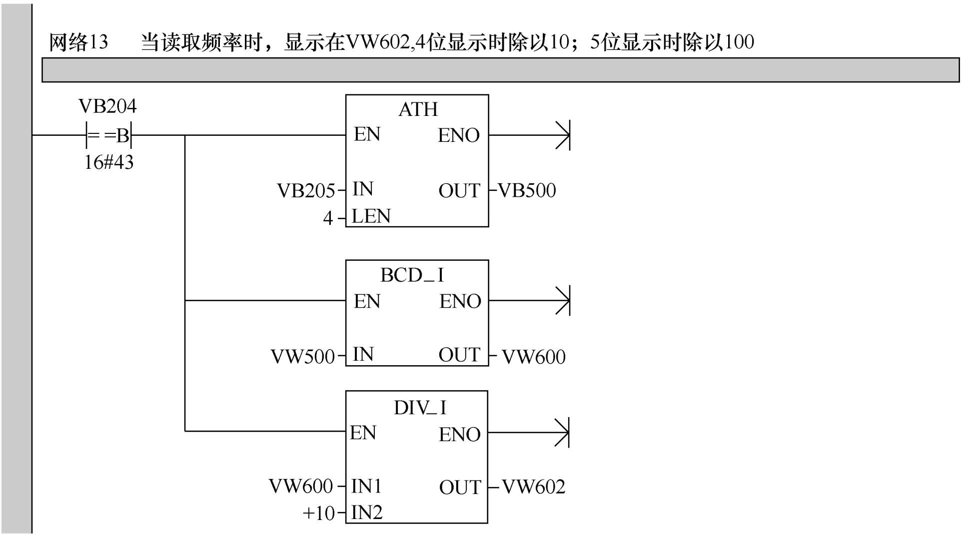


图 10-45　（续）

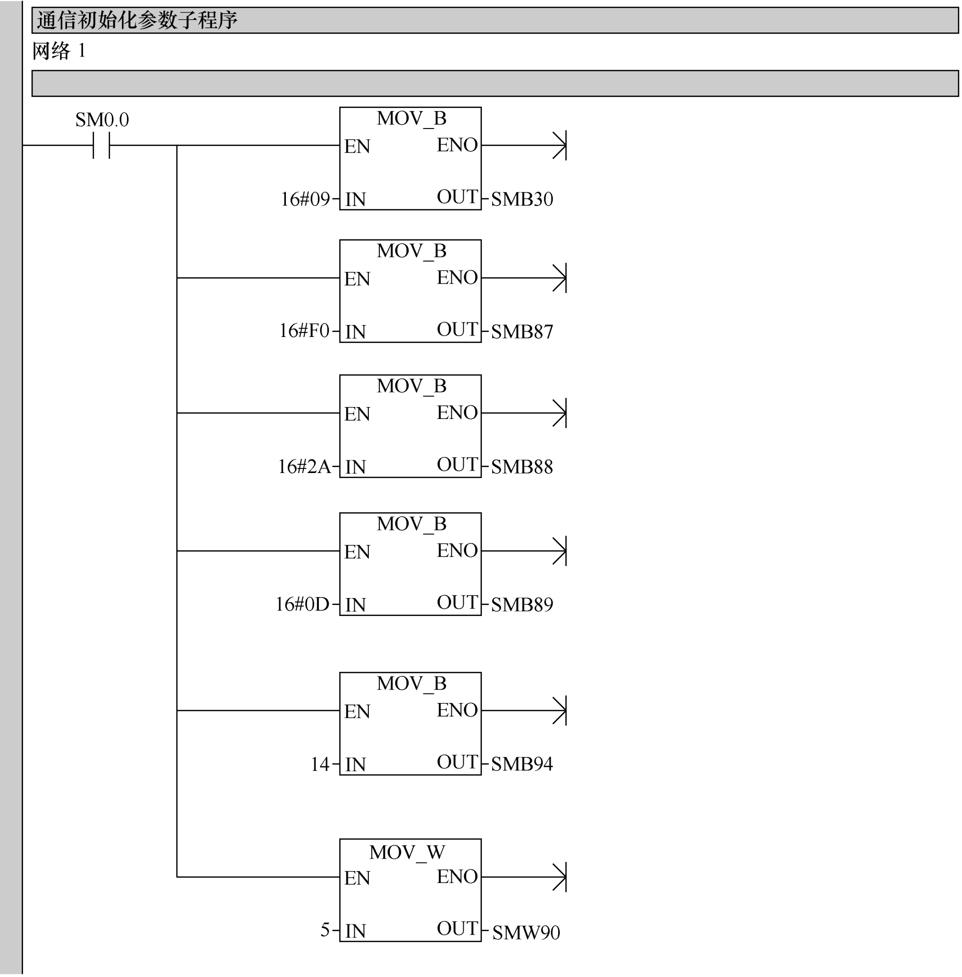


图 10-46　通信初始化参数子程序

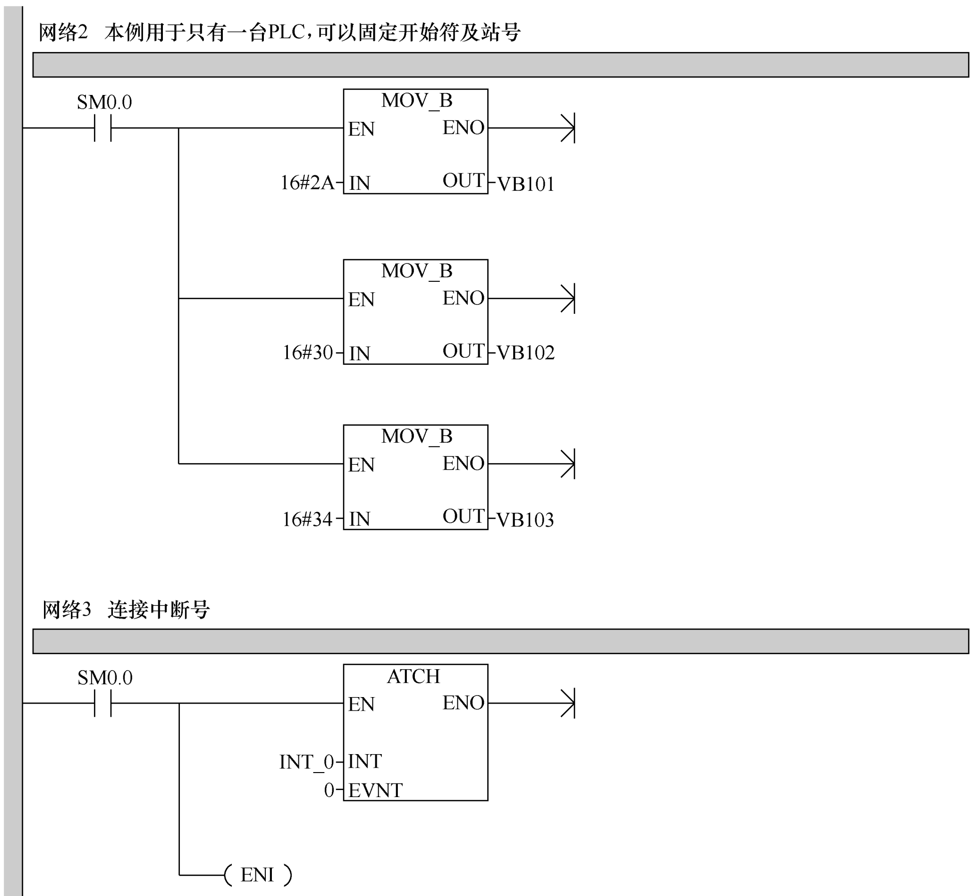


图 10-46　（续）

计算校验和子程序如图 10-47 所示。

中断程序如图 10-48 所示。

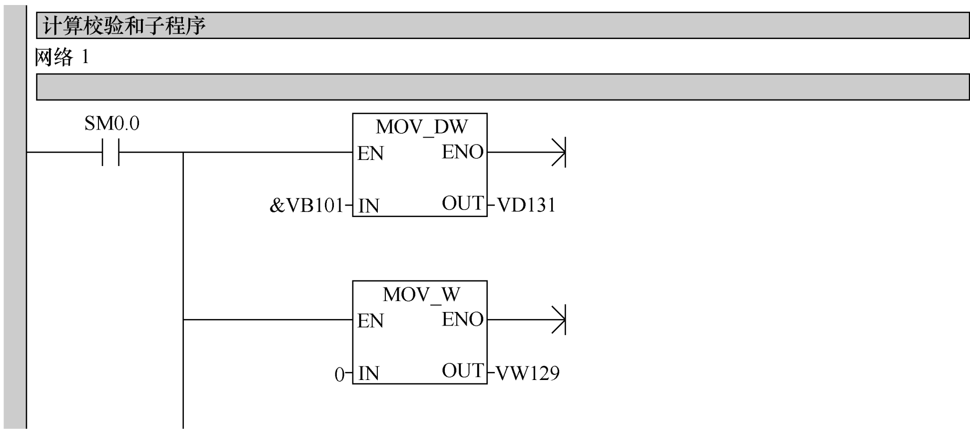


图 10-47　计算校验和子程序

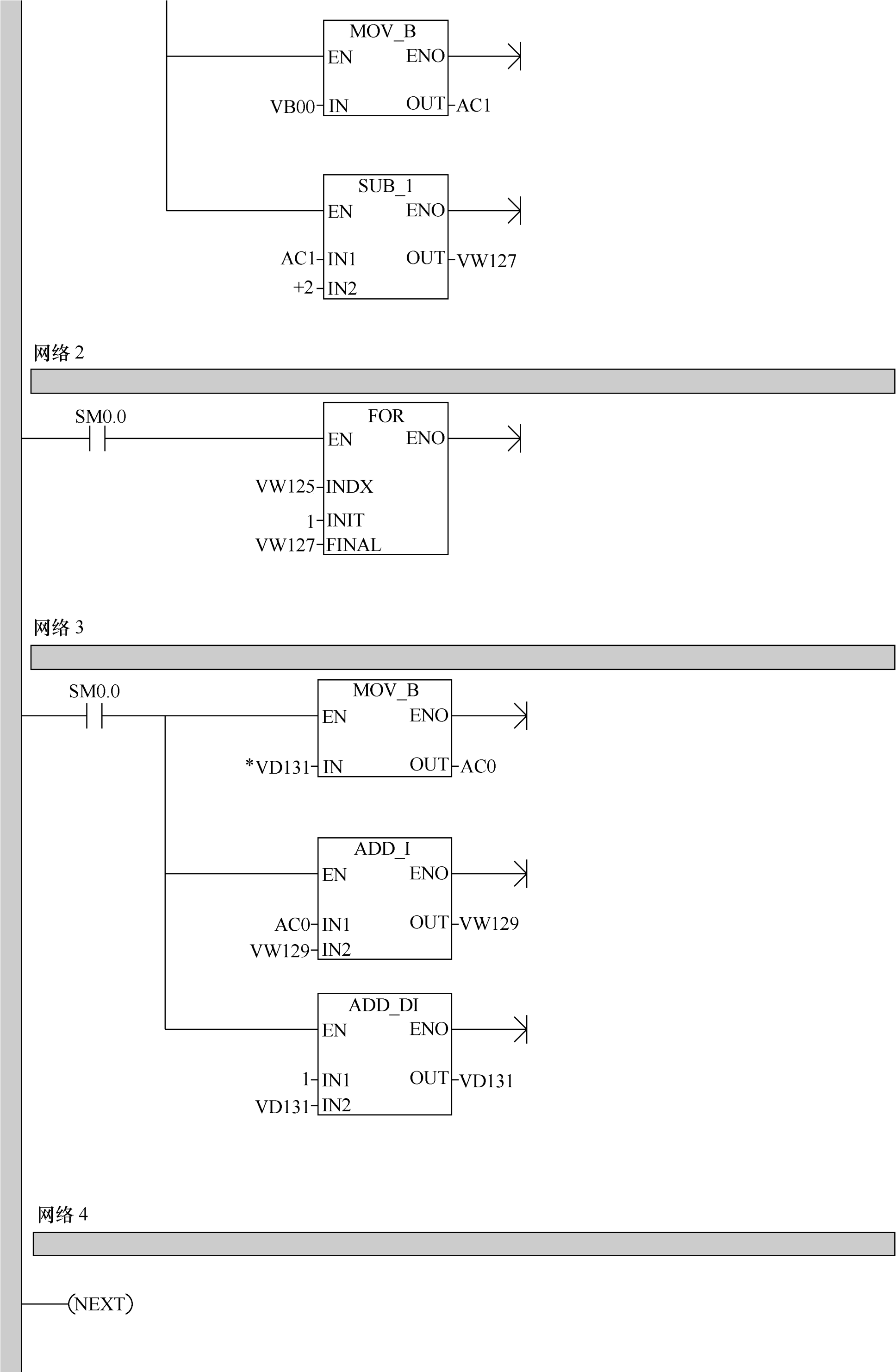

MOV_B
EN
ENO
VB00
IN
OUT
AC1
SUB_1
EN
ENO
AC1
IN1
OUT
VW127
+2
IN2
网络 2
SM0.0
FOR
EN
ENO
VW125
INDX
1
INIT
VW127
FINAL
网络 3
SM0.0
MOV_B
EN
ENO
*VD131
IN
OUT
AC0
ADD_I
EN
ENO
AC0
IN1
OUT
VW129
VW129
IN2
ADD_DI
EN
ENO
1
IN1
OUT
VD131
VD131
IN2
网络 4
(NEXT)

图 10-47　（续）

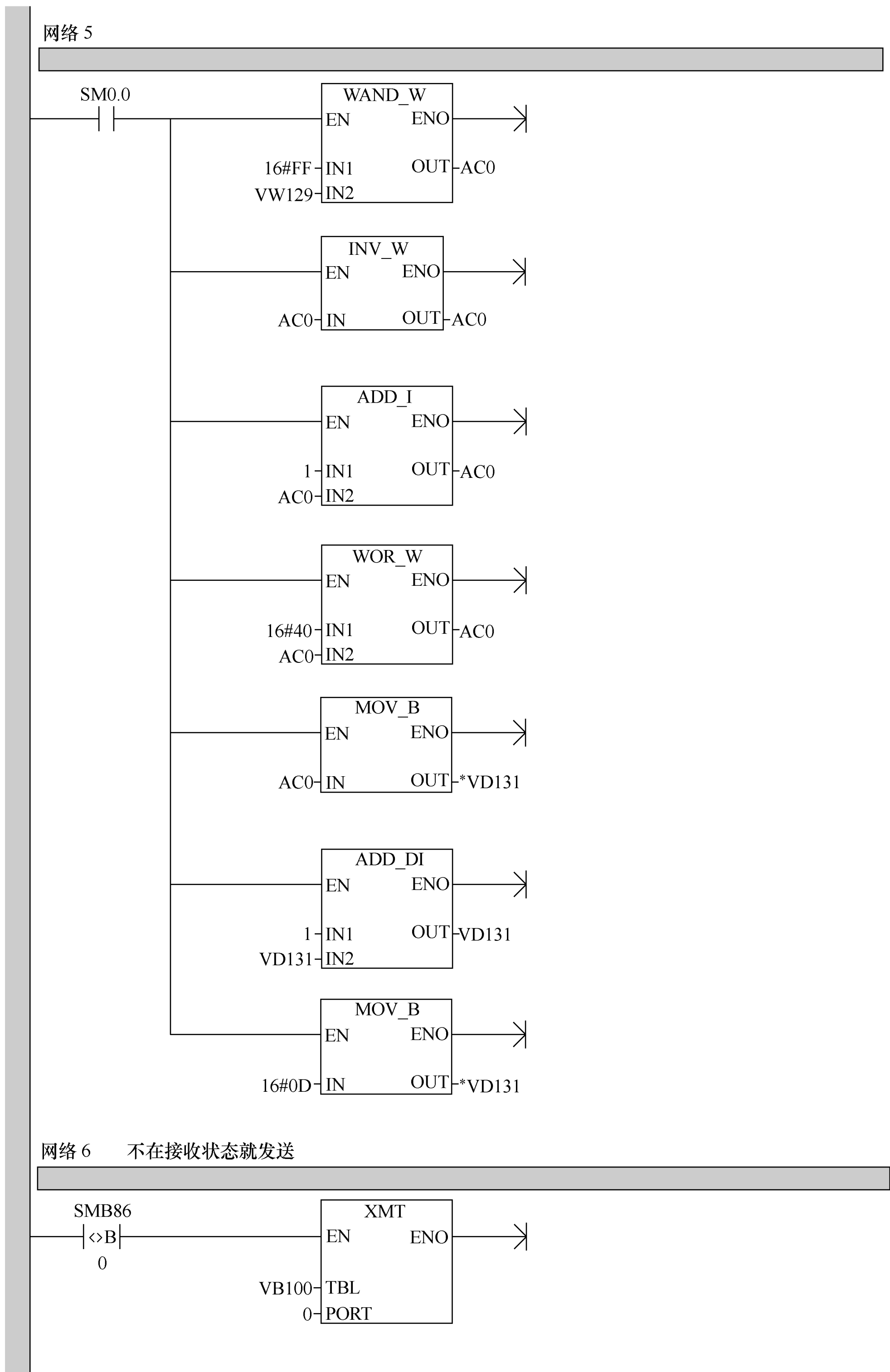

网络 5
SM0.0
WAND_W
EN ENO
16#FF IN1 OUT AC0
VW129 IN2
INV_W
EN ENO
AC0 IN OUT AC0
ADD_I
EN ENO
1 IN1 OUT AC0
AC0 IN2
WOR_W
EN ENO
16#40 IN1 OUT AC0
AC0 IN2
MOV_B
EN ENO
AC0 IN OUT *VD131
ADD_DI
EN ENO
1 IN1 OUT VD131
VD131 IN2
MOV_B
EN ENO
16#0D IN OUT *VD131
网络 6 不在接收状态就发送
SMB86
<>B
0
XMT
EN ENO
VB100 TBL
0 PORT

图 10-47 （续）



图 10-47 （续）

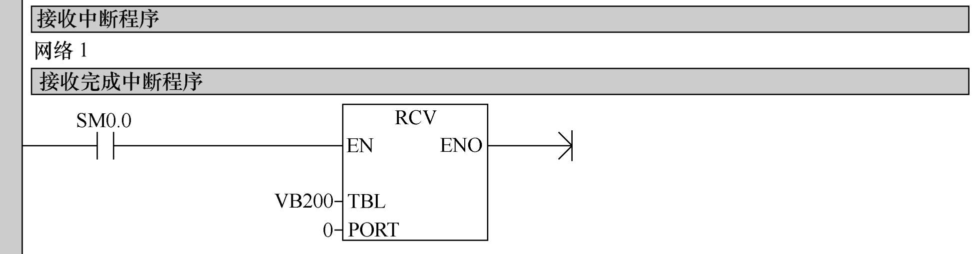


图 10-48　中断程序

第 11 讲　S7-200 在无铅波峰焊接机中的应用

导读

S7-200 的工程应用案例非常多，在电子生产线设备上的应用能充分体现 PLC 的强大功能。无铅波峰焊接机能自动完成 PCB 从涂覆助焊剂、预加热、焊锡及冷却等焊接的全部工艺过程，主要用于无铅焊接表面贴装元件、短脚直插式元件及混装型 PCB 的整体焊接。S7-200 在无铅波峰焊接机上起到了温度控制、流程控制、速度控制等功能。

11.1　无铅波峰焊接机的工作流程与硬件线路

1. 无铅波峰焊接机的工作流程

图 11-1 所示的无铅波峰焊接机能自动完成 PCB 从涂覆助焊剂、预加热、焊锡及冷却等焊接的全部工艺过程，主要用于无铅焊接表面贴装元件、短脚直插式元件及混装型 PCB 的整体焊接。



图 11-1　无铅波峰焊接机

图 11-2 所示为波峰焊的工作示意。已经插上或贴完元器件的 PCB，首先由机器入口处的接驳装置以一定的角度和速度送入波峰焊机内，然后被连续运转的夹爪夹持，依次完成涂覆助焊剂、第一预加热、第二预加热、第三预加热、第一波峰焊锡、第二波峰焊锡、制冷及冷却的工艺流程。最后，由夹爪拖链将已焊接完的 PCB 送出。

在预加热阶段，助焊剂活化，挥发物被去除，PCB 焊接部位被加热到润湿温度；同时，由于元器件温度的升高，避免了浸入熔融焊料时受到大的热冲击。预热阶段，PCB 表面的温度应在 80 ~ 150℃为宜。

第一波峰是由狭窄的喷口喷出的“湍流”波峰，流速快，对 SMT 元器件有较高的垂直

压力，使焊锡对尺寸小、贴装密度高的焊点有较好的渗透性，并克服了元器件的复杂形状及“阴影”效应带来的不良影响；同时，湍流波向上的喷射力可以使焊剂气体顺利排出，大大减少了漏焊、桥接及焊缝不充实等缺陷。

第二波峰是个“平滑”波，焊锡流动速度慢，出口处的流速几乎为零，所以它能有效去除端子上的过量焊锡，使所有的焊接面润湿良好，并能对第一波峰所造成的拉尖和桥接进行充分的修正。制冷系统使 PCB 的温度急剧下降，可明显改善无铅焊料共晶生产时产生的空泡及焊盘剥离问题。在焊接整个过程中，在焊接区加有氮气保护可有效防止裸铜和共晶焊料氧化，大幅提高润湿性和流动性，确保焊点的可靠性。

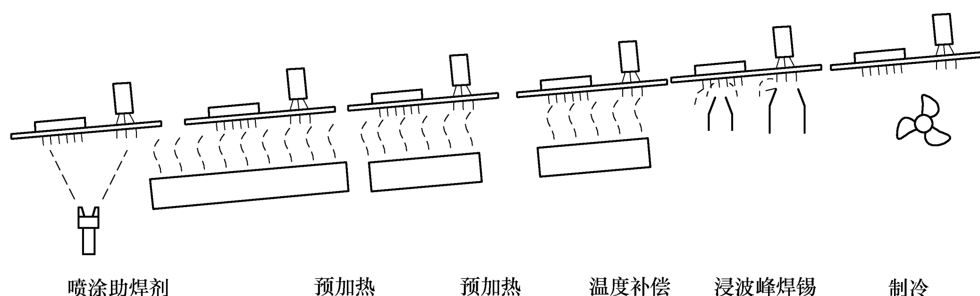


图 11-2　波峰焊的工作示意

2. 无铅波峰焊接机的 PLC 控制线路

由于无铅波峰焊机的控制点数比较多，因此采用了 CPU226 加 6 个扩展模块，波峰焊 PLC 控制线路如图 11-3 和图 11-4 所示。

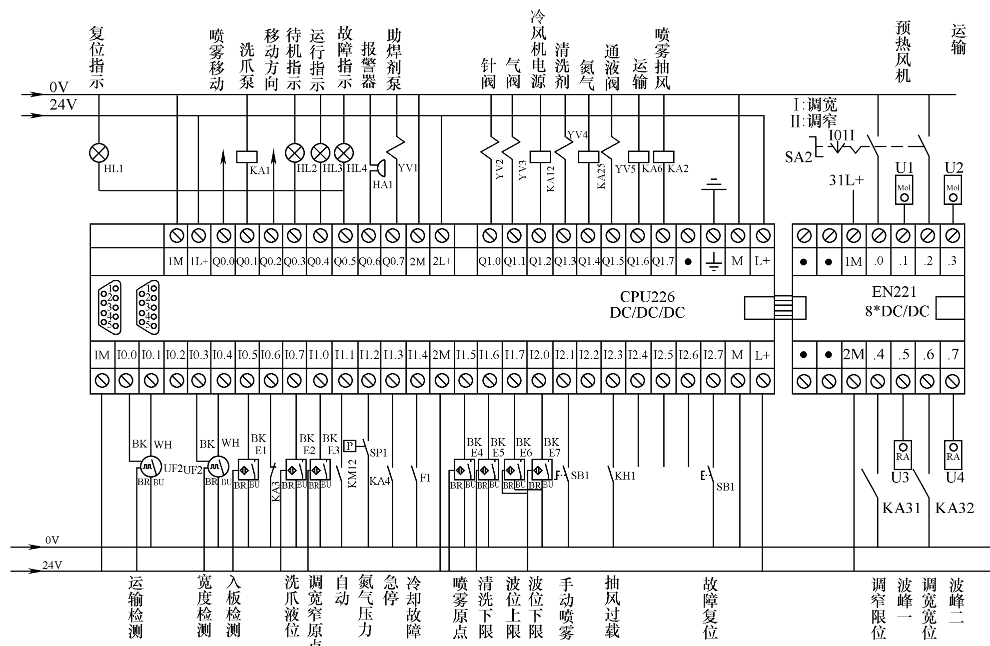


图 11-3　波峰焊 PLC 控制线路一

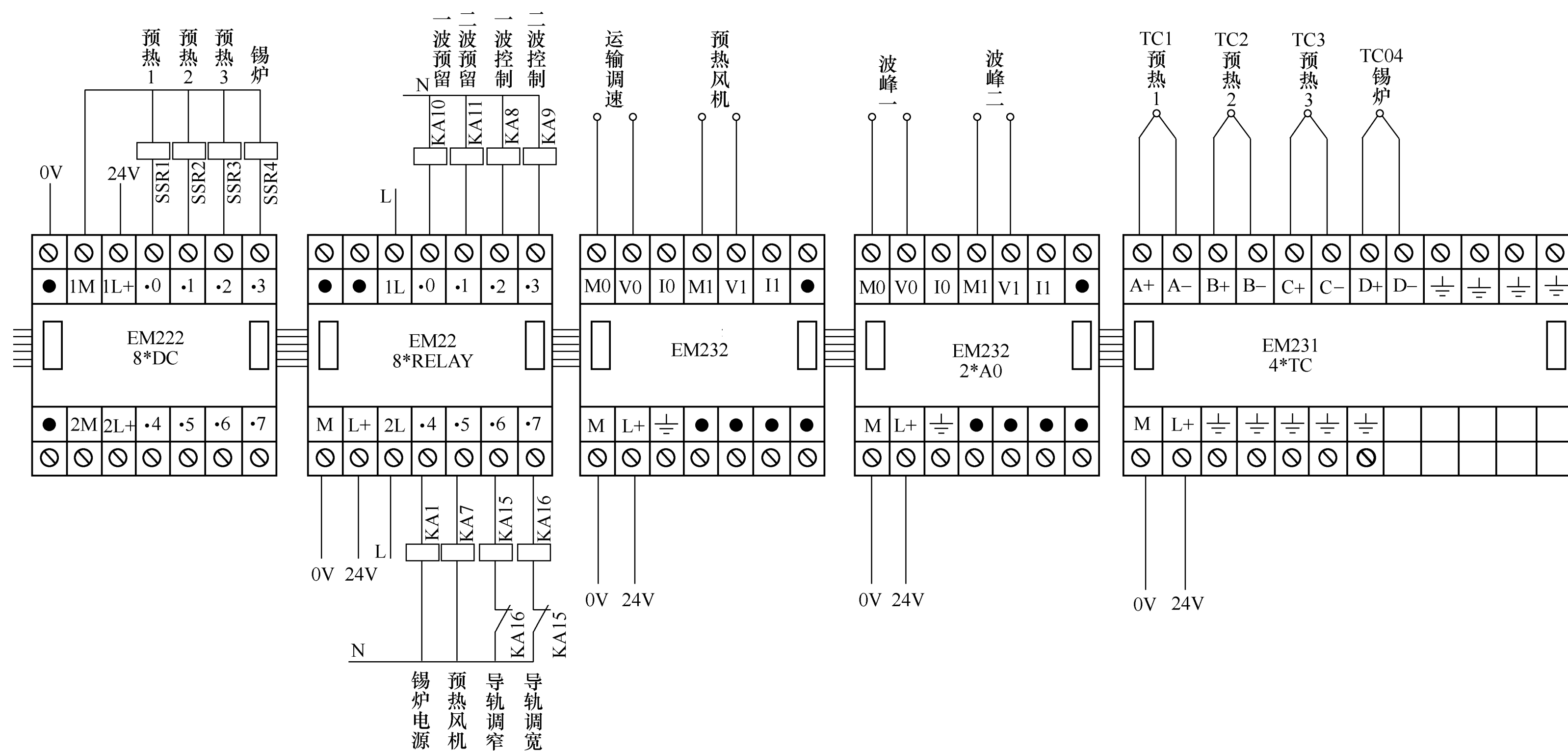


图 11-4 波峰焊 PLC 控制线路二

11.2 无铅波峰焊接机的流程控制与编程

1. 波峰焊的温度检测与控制

波峰焊的温度控制在整个流程中非常重要，包括预热 1、2、3 和锡炉控制。它主要分为两部分，即温度的检测和温度的控制。

（1）温度的检测

在本案例中，使用了 EM231 4 * TC 模块作为波峰焊的温度检测，由于 SMT 生产工艺的特殊性，需要及时掌握温度模块的运行情况，包括在热电偶模块没有错误的情况下从中读取模拟量输入值，并将其存放到固定的存储位中；若模块有错误，要求将错误信息保存，并进行一些存储和清空操作。

热电偶模块提供 PLC 测量温度或出错类型的数据字，状态位指示输入范围错误和用户电源/模块故障。LED 指示模块状态，用户程序必须检测相应错误状态并采取相应的措施。EM231 热电偶状态指示器见表 11-1。

表 11-1 EM 231 热电偶状态指示器

出错类型	通道数据	SF 指示灯红色	24V 指示灯绿色	范围状态位	DC24V 用户电源故障
没有出错	转换数据	OFF	ON	0	0
24V 丢失	32766	OFF	OFF	0	1
使能断线检测和检测电流源	-32768/32767	闪烁	ON	1	0
超出输入范围	-32768/32767	闪烁	ON	1	0
诊断出错	0000	ON	OFF	0	

显然，作为扩展模块 5 的 EM231 模块还必须遵守 S7-200 PLC 对于扩展模块的基本查错程序，并以特殊存储器字节来表示（见表 11-2）。

表 11-2 特殊存储器字节 SMB8 ~ SMB21

SM 位	描述（只读）	
格式	偶数字节：模块标识寄存器 MSB 7 … LSB 0 m t t a i i q q m：模块存在 0 = 存在 1 = 不存在 tt：模块类型 00 非智能 I/O 模块 01 智能模块 10 保留 11 保留 a：I/O 类型 0 = 离散 1 = 模拟 ii：输入 00 无输入 01 2AI 或 8DI 10 4AI 或 16DI 11 8AI 或 32DI	奇数字节：模块错误寄存器 MSB 7 … LSB 0 c 0 0 b r p f t c：组态错误 0 = 无错误 b：总线故障或奇偶校验错误 1 = 错误 r：超出范围错误 p：无用户电源错误 f：熔丝熔断错误 t：接线板松动错误

（续）

SM 位	描述（只读）
格式	qq：输出 00　无输出 01　2AQ 或 8DQ 10　4AQ 或 16DQ 11　8AQ 或 32DQ
SMB8 SMB9	模块 0 标识寄存器 模块 0 错误寄存器
SMB10 SMB11	模块 1 标识寄存器 模块 1 错误寄存器
SMB12 SMB13	模块 2 标识寄存器 模块 2 错误寄存器
SMB14 SMB15	模块 3 标识寄存器 模块 3 错误寄存器
SMB16 SMB17	模块 4 标识寄存器 模块 4 错误寄存器
SMB18 SMB19	模块 5 标识寄存器 模块 5 错误寄存器
SMB20 SMB21	模块 6 标识寄存器 模块 6 错误寄存器

从表 11-5 中可以看出，范围状态位是模块出错寄存器字节中的位 3（SMB 9 于用模块 1，SMB 11 用于模块 2 等）；不良状态位是模块出错寄存器字节中的位 2（SMB 9，SMB 11 等）；诊断出错引起模块组态错误。在模块组态错误之前，用户电源故障状态位可能设置或没有设置。

波峰焊温度模块检测程序如图 11-5 所示。

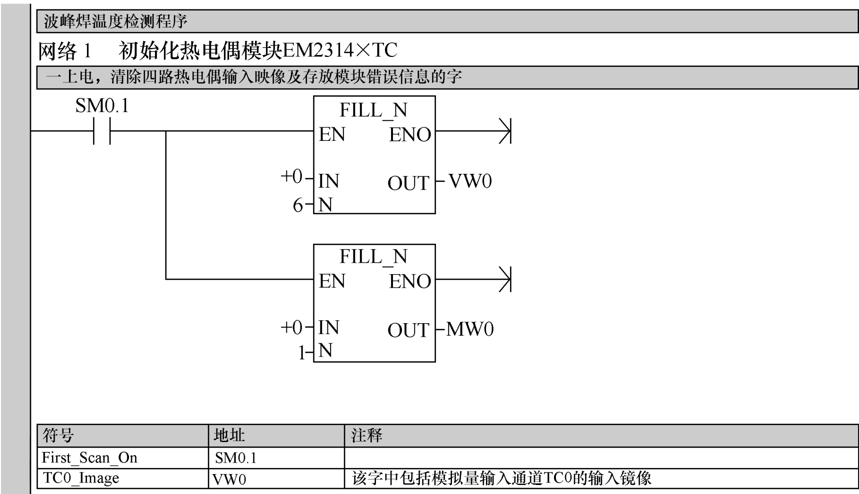
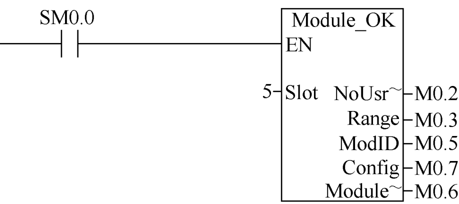


图 11-5　波峰焊温度模块检测程序

网络2 调用子程序Module_OK

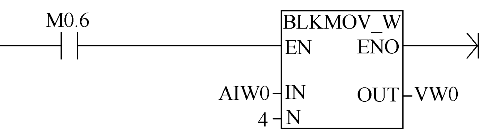
在该子程序中定义了五个输出点，分别与M0.2,M0.3,M0.5,M0.6,M0.7相对应；
本案例中TC模块在第5个slot(注意：扩展模块从0到6)。



符号	地址	注释
Always_On	SM0.0	
Configuration_Error	M0.7	模块中有组态错误，该位置1
ID_0_Error	M0.5	扩展槽中没有EM231热电偶模块，该位置1
Module_0_Good	M0.6	无模块错误，该位置1
No_User_Power_Error	M0.2	无使用电源错误，该位置1
Out_of_Range_Error	M0.3	模块范围溢出，该位置1

网络3 无错误

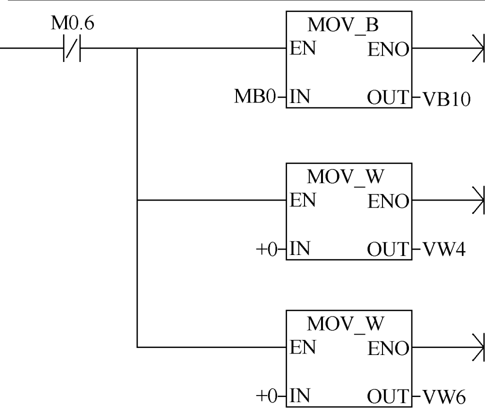
如果M0.6置位，说明热电偶模块没有错误。从热电偶0的AIW0开始读取四路模拟量输入值



符号	地址	注释
Module_0_Good	M0.6	无模块错误，该位置1
TC0	AIW0	该字中包括从热电偶0中读取的模拟量值
TC0_Image	VW0	该字中包括模拟量输入通道TC0的输入镜像

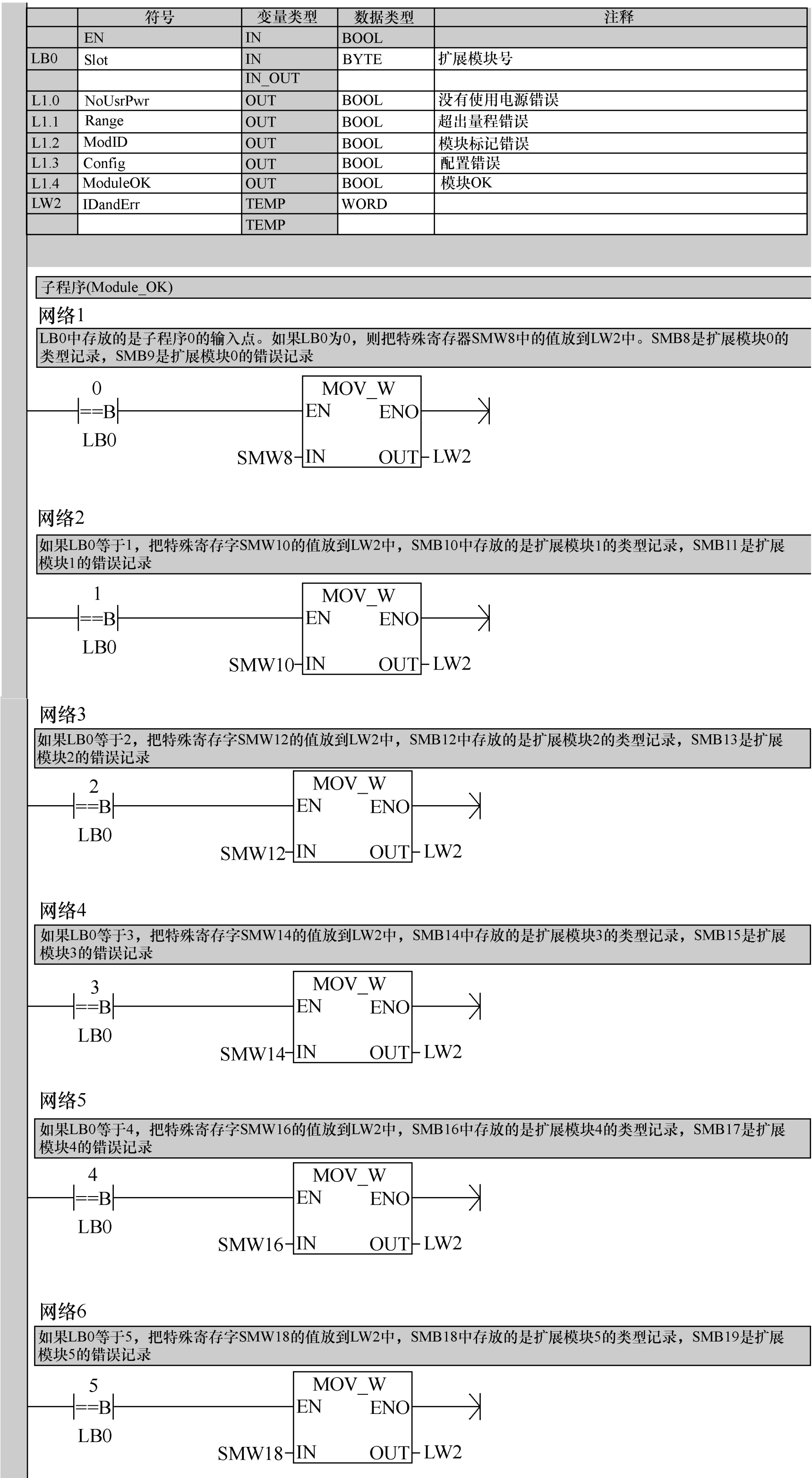
网络4 有错误

如果M0.6没有置位，说明热电偶模块有错误，此时，把记录热电偶错误的MB0中的值放到存放错误信息的VB10中。此时有两种选择：一是什么都不做来冻结热电偶信息，二是传送一个常数到热电偶信息中
如下是通过将常数0放到VW4和VW6中来清除热电偶2和3的输入映像



符号	地址	注释
Module_0_Good	M0.6	无模块错误，该位置1
TC2_Image	VW4	该字中包括模拟量输入通道TC2的输入镜像
TC3_Image	VW6	该字中包括模拟量输入通道TC3的输入镜像

图 11-5 （续）



	符号	变量类型	数据类型	注释
	EN	IN	BOOL	
LB0	Slot	IN	BYTE	扩展模块号
		IN_OUT		
L1.0	NoUsrPwr	OUT	BOOL	没有使用电源错误
L1.1	Range	OUT	BOOL	超出量程错误
L1.2	ModID	OUT	BOOL	模块标记错误
L1.3	Config	OUT	BOOL	配置错误
L1.4	ModuleOK	OUT	BOOL	模块OK
LW2	IDandErr	TEMP	WORD	
		TEMP		

图 11-5　（续）

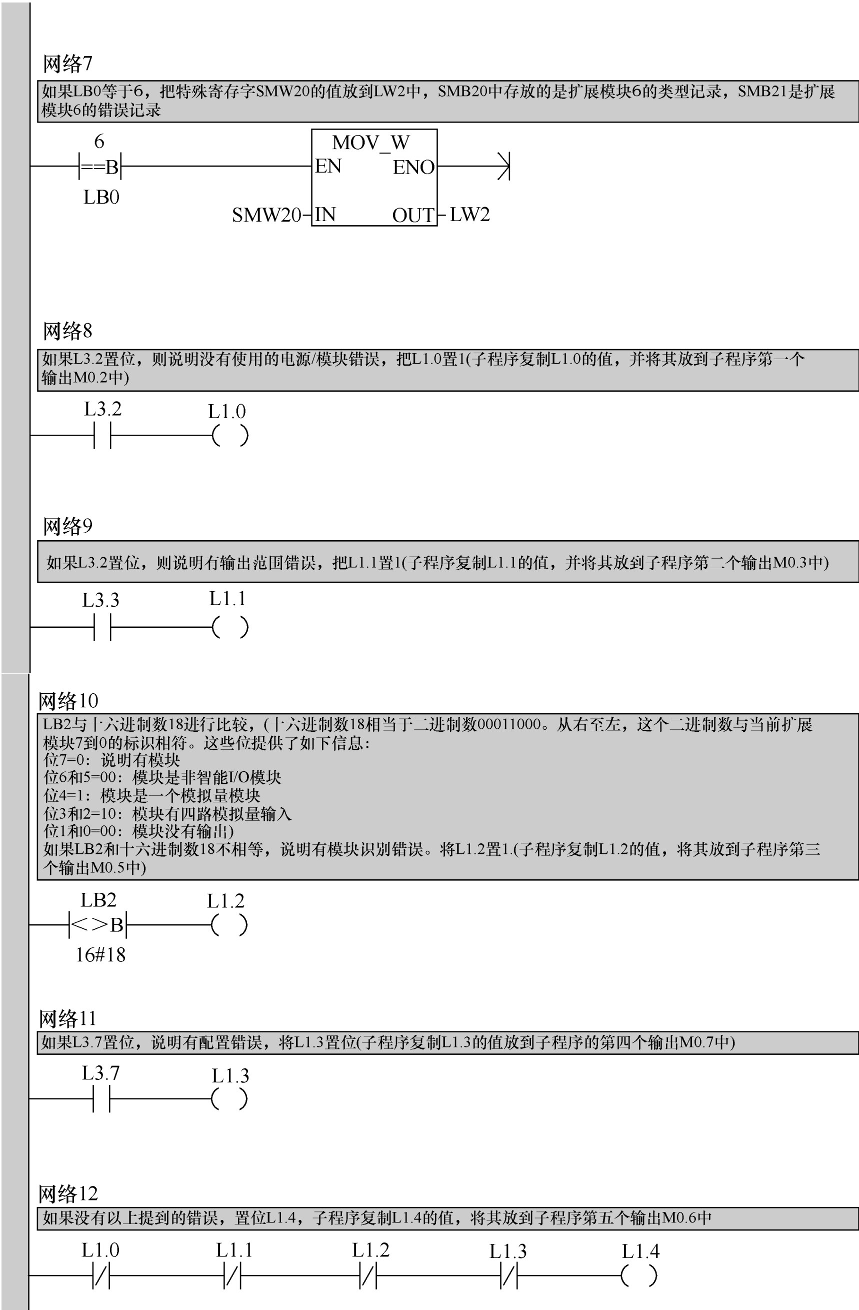

网络7
如果LB0等于6，把特殊寄存字SMW20的值放到LW2中，SMB20中存放的是扩展模块6的类型记录，SMB21是扩展模块6的错误记录
6
==B
LB0
MOV_W
EN
ENO
SMW20
IN
OUT
LW2
网络8
如果L3.2置位，则说明没有使用的电源/模块错误，把L1.0置1(子程序复制L1.0的值，并将其放到子程序第一个输出M0.2中)
L3.2
L1.0
网络9
如果L3.2置位，则说明有输出范围错误，把L1.1置1(子程序复制L1.1的值，并将其放到子程序第二个输出M0.3中)
L3.3
L1.1
网络10
LB2与十六进制数18进行比较，(十六进制数18相当于二进制数00011000。从右至左，这个二进制数与当前扩展模块7到0的标识相符。这些位提供了如下信息：
位7=0：说明有模块
位6和5=00：模块是非智能I/O模块
位4=1：模块是一个模拟量模块
位3和2=10：模块有四路模拟量输入
位1和0=00：模块没有输出)
如果LB2和十六进制数18不相等，说明有模块识别错误。将L1.2置1.(子程序复制L1.2的值，将其放到子程序第三个输出M0.5中)
LB2
<>B
16#18
L1.2
网络11
如果L3.7置位，说明有配置错误，将L1.3置位(子程序复制L1.3的值放到子程序的第四个输出M0.7中)
L3.7
L1.3
网络12
如果没有以上提到的错误，置位L1.4，子程序复制L1.4的值，将其放到子程序第五个输出M0.6中
L1.0
L1.1
L1.2
L1.3
L1.4

图 11-5　（续）

（2）温度的控制

在工程实际中，应用最为广泛的调节器控制规律为比例、积分、微分控制，简称 PID 控制或调节。温度控制也是如此。

本案例中共有 4 个温度 PID 控制，现在以一个温度控制为例（即预热 1），程序包括主程序、子程序和中断程序，具体如图 11-6 ~ 图 11-8 所示。

2. 变频器速度控制

在波峰焊流程控制中，运输、预热、波峰一和波峰二的速度是通过 PLC 输出 0 ~ 10V 电压来控制台达变频器 VFD004M21A 的（见图 11-9），即 0V 为最低速度，10V 为最高速度，并成线性关系。

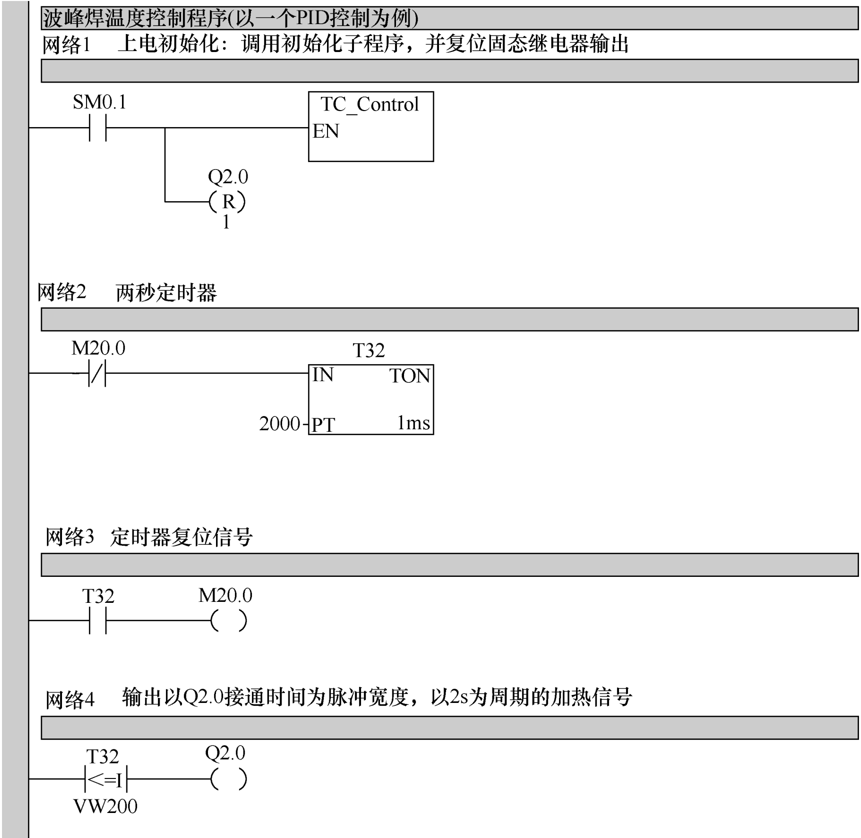
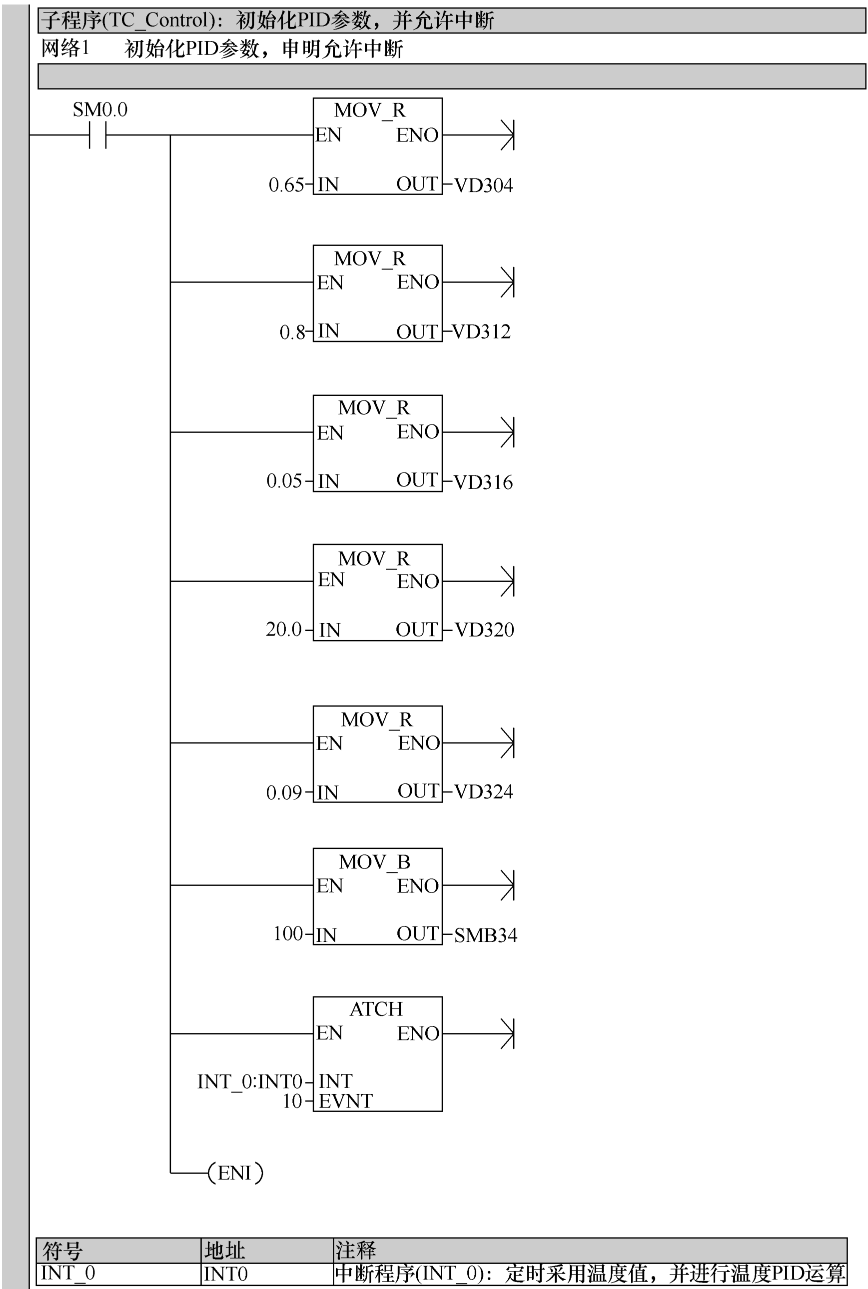


图 11-6　波峰焊温度控制主程序



符号	地址	注释
INT_0	INT0	中断程序(INT_0)：定时采用温度值，并进行温度PID运算

图 11-7　波峰焊温度控制子程序

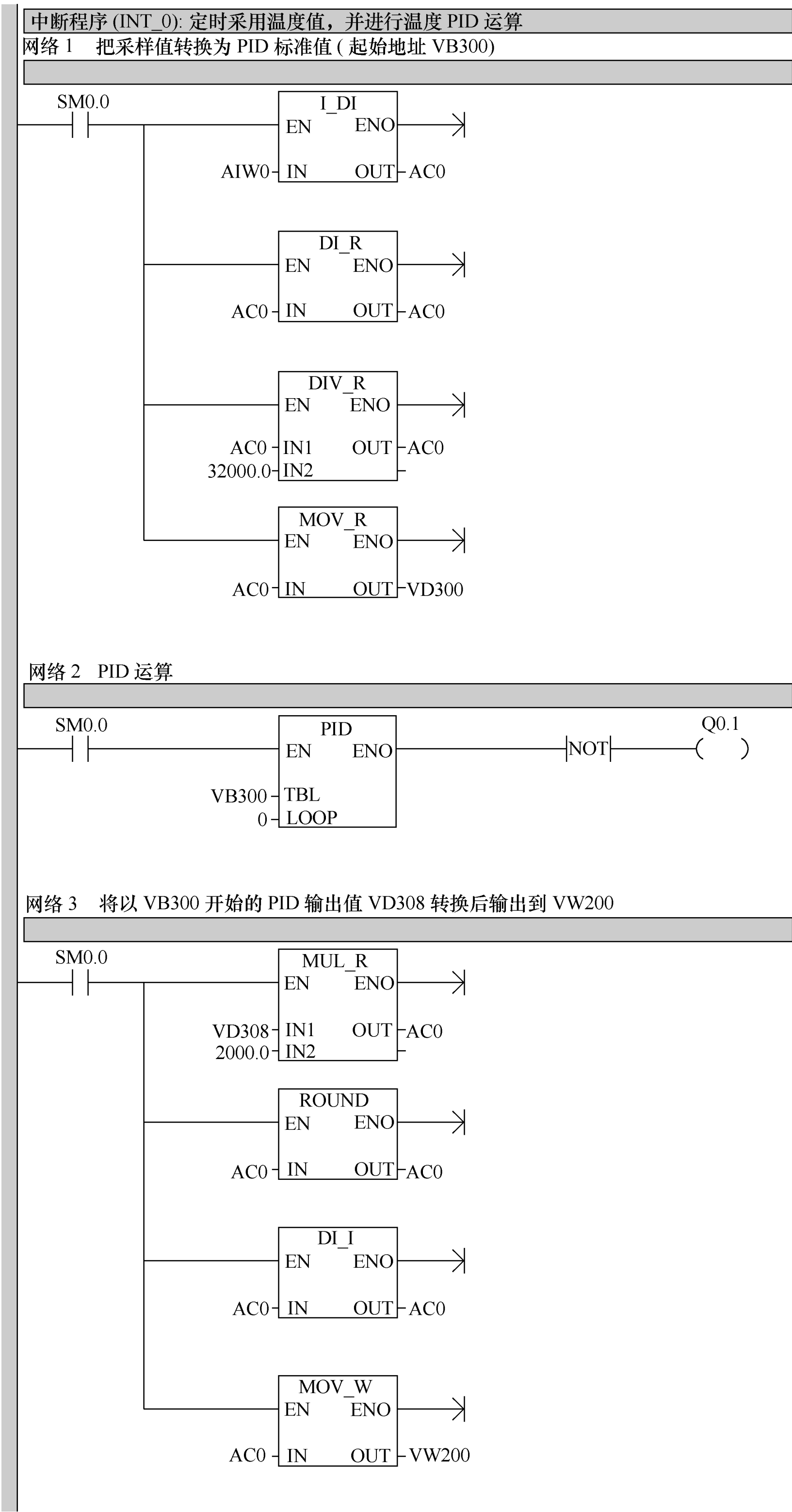


图 11-8　波峰焊温度控制中断程序

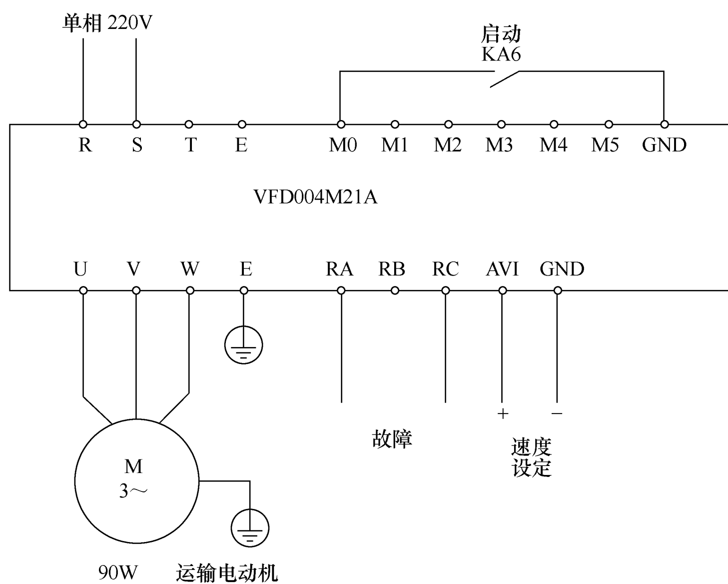


图 11-9　变频器的接线示意

现通过 PLC 的模拟量输出来调节速度，波峰焊生产线的速度调节如图 11-10 所示，要求在 VW14 加速时间内生产线的速度从原 VW10（初始速度）加速到 VW12（最终速度），并要求加速要平滑。

如图 11-11 和图 11-12 所示波峰焊生产线的速度调节主程序与中断程序，为确保速度平滑，采用定时器中断 10ms。

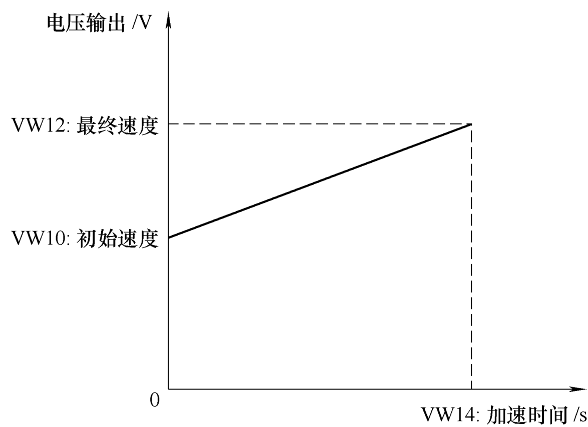


图 11-10　波峰焊生产线的速度调节

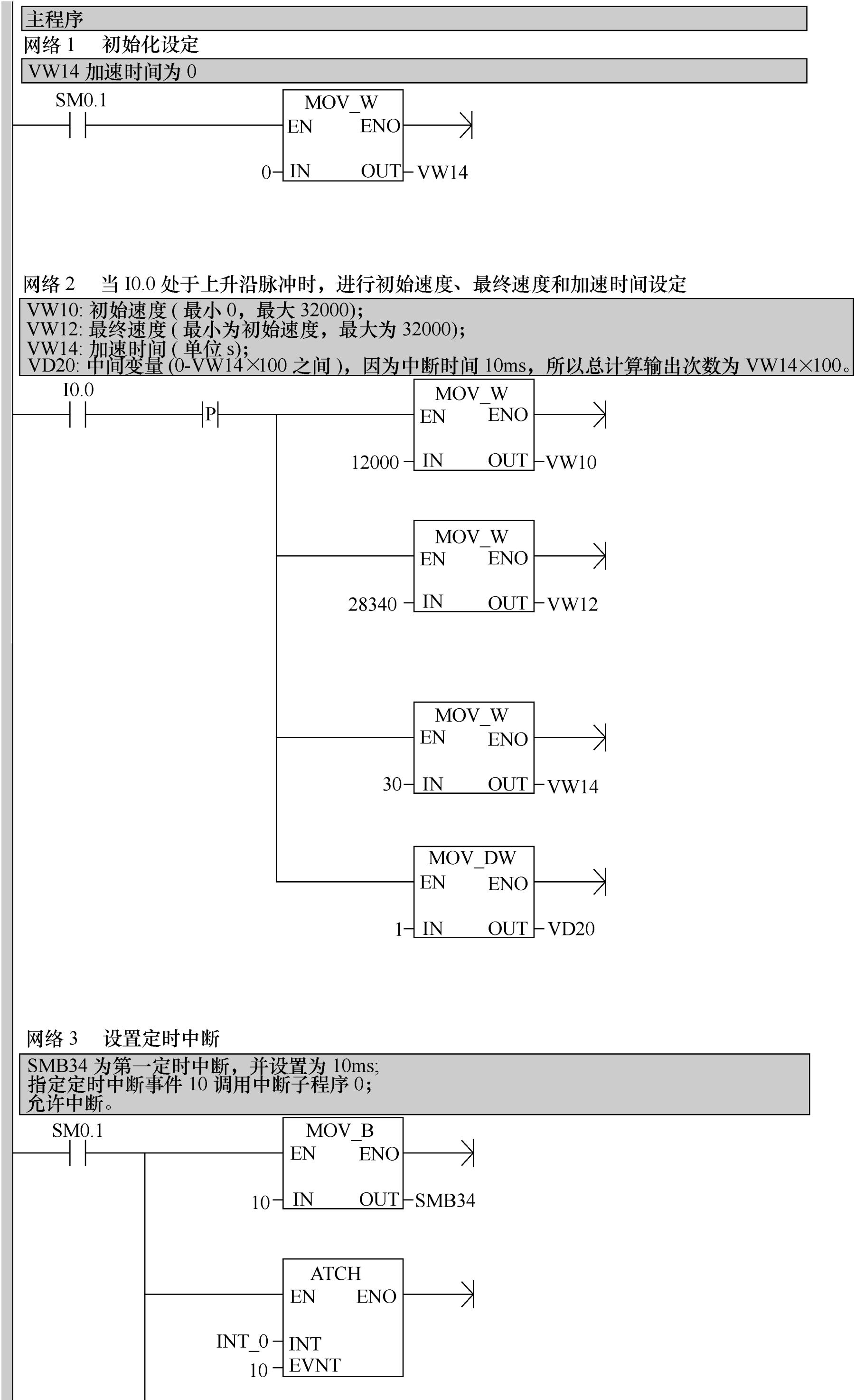
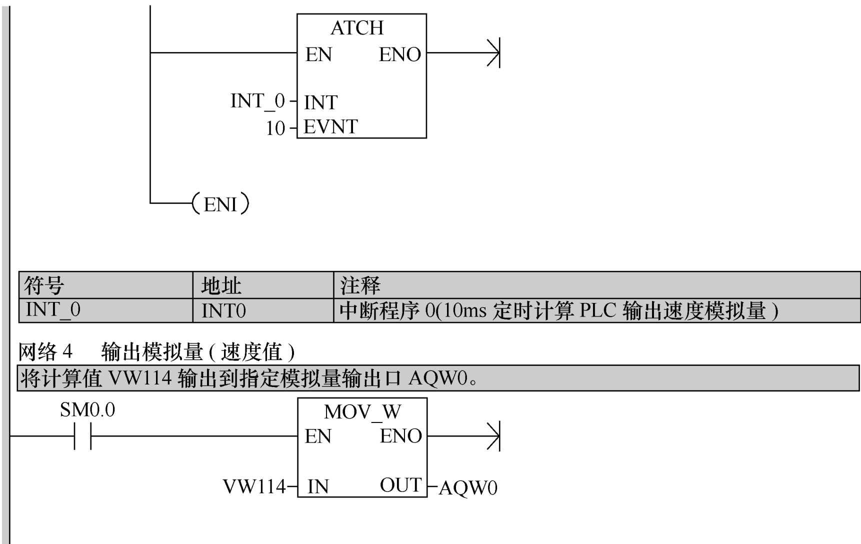


图 11-11　波峰焊生产线速度调节主程序



符号	地址	注释
INT_0	INT0	中断程序 0(10ms 定时计算 PLC 输出速度模拟量)

网络 4 输出模拟量 (速度值)

将计算值 VW114 输出到指定模拟量输出口 AQW0。

图 11-11 （续）

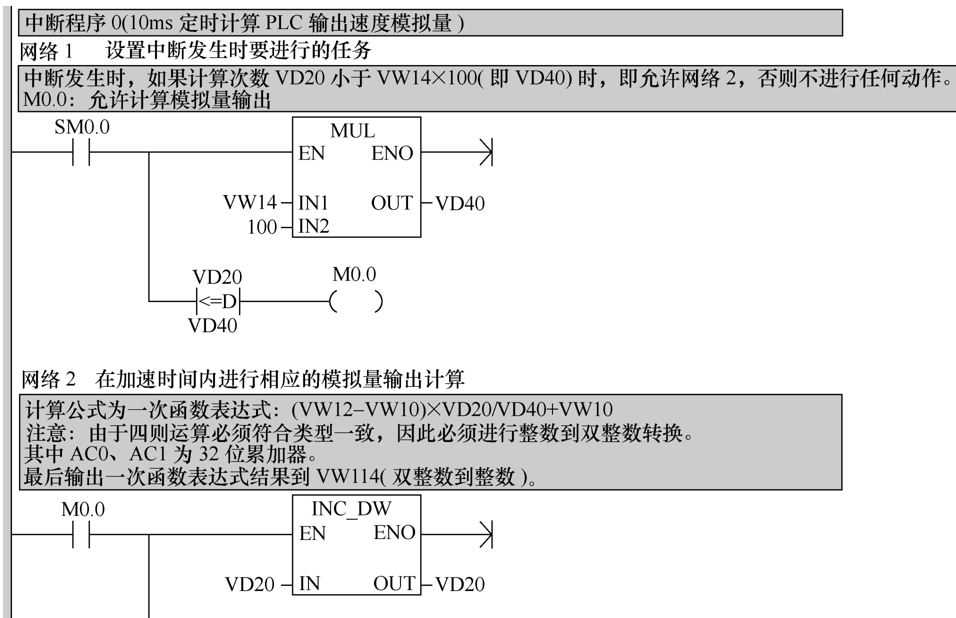


图 11-12 波峰焊生产线速度调节中断程序

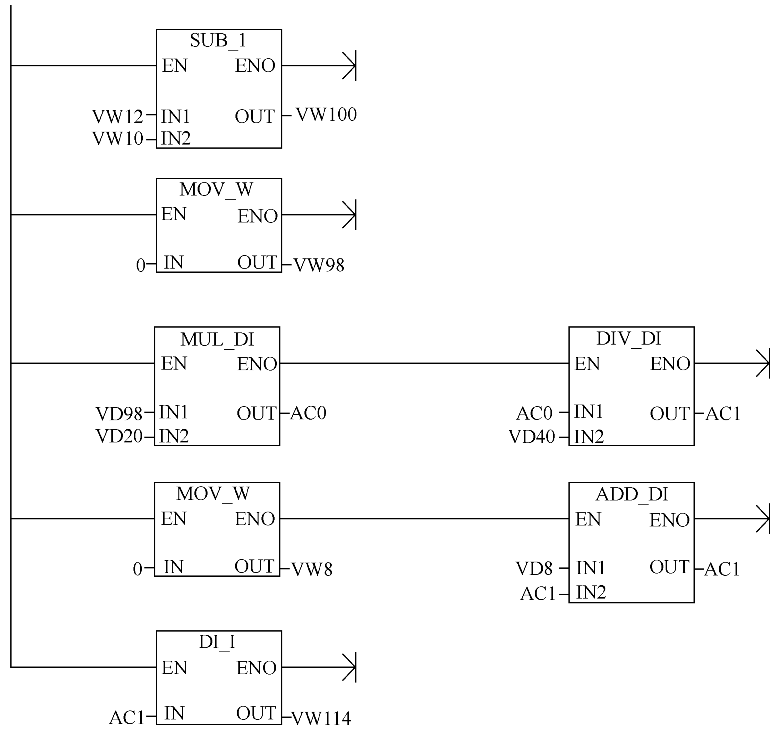

SUB_I
EN
ENO
VW12
VW10
IN1
IN2
OUT
VW100
MOV_W
EN
ENO
0
IN
OUT
VW98
MUL_DI
EN
ENO
VD98
VD20
IN1
IN2
OUT
AC0
DIV_DI
EN
ENO
AC0
VD40
IN1
IN2
OUT
AC1
MOV_W
EN
ENO
0
IN
OUT
VW8
ADD_DI
EN
ENO
VD8
AC1
IN1
IN2
OUT
AC1
DI_I
EN
ENO
AC1
IN
OUT
VW114

图 11-12　（续）

第 12 讲　S7-200 在恒压供水中的应用

导读

多泵并联变频恒压变量供水的工作模式通常是：当用水流量小于一台泵在工频恒压条件下的流量，由一台变频泵调速恒压供水；当用水流量增大，变频泵的转速自动上升；当变频泵的转速上升到工频转速，为用水流量进一步增大，由 PLC 控制，自动启动一台工频泵投入运作，该工频泵提供的流量是恒定的（工频转速恒压下的流量），其余各并联工频泵按相同的原理投入。同时，PLC 还可以对恒压供水系统中的其他设备和工艺进行控制，充分体现了自动控制的优点。

12.1　恒压供水的系统组成

1. 恒压供水的原理

用户的用水量是经常变动的，因此供水不足或供水过盛的情况时有发生。而用水和供水之间的不平衡集中反映在供水的压力上，即用水多而供水少则压力低；用水少而供水多则压力大。保持供水压力的恒定，可使供水和用水之间保持平衡，即用水多时供水也多，用水少时供水也少，从而提高了供水的质量。

根据反馈原理：要想维持一个物理量不变或基本不变，就应该用这个物理量与恒值比较，形成闭环系统。我们要想保持水压的恒定，根据反馈定理在管网系统上安装了压力变送器作为反馈元件，引入水压反馈值与给定值比较，并通过变频器来调节供水量，从而形成闭环系统。恒压供水的原理如图 12-1 所示。但被控制的系统的特点是非线性、大惯性的系统，现在控制和 PID 控制相结合的方法，在压力波动较大时使用模糊控制，以加快响应速度；在压力范围较小时采用 PID 控制来保持静态精度。通过 PLC 加智能仪表可实现该算法，同时对 PLC 的编程可实现泵的工频与变频之间的切换。实践证明，使用这种方法是可行的，而且造价也不高。

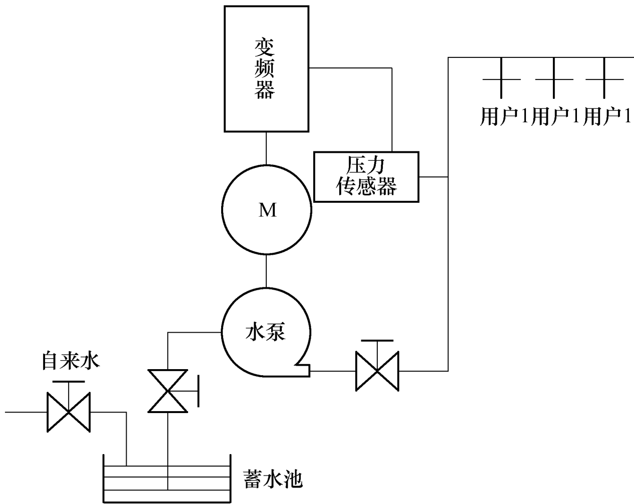


图 12-1　恒压供水的原理

2. 某恒压供水系统组成

某恒压供水系统包括 11kW 给水泵 2 台，一工泵一变频；7.5kW 循环泵 2 台（工频）；

3.5kW 冷却塔风机 2 台（工频）；3kW 洗澡水泵 1 台（工频），分成电气系统和管网系统两大部分。

其中，电气系统又由检测部分、控制部分和执行部分组成。

电气系统的检测部分包括：管网水压检测仪、给水池和回水池水位高度检测浮球、电动机热保护继电器、变频器故障信号继电器。

电气系统的控制部分包括：恒压供水系统控制核心 PLC、手动控制面板、手动控制开关、二次控制仪表、电器辅助元件。

电气系统的执行部分包括：电动机变频器、电动水阀、水泵电动机、冷却塔冷却风机、声光报警器、柜内电器执行元件，如交流接触器、中间继电器。

管网系统的组成包括：给水池和回水池进水管路、溢流管路、给水泵和回水泵进水管路、出水管路、出水管路柔性连接器、出水管路止回阀、管路上的手动蝶阀等。

3. 工艺要求与说明

本恒压供水系统的工作方式分为自动运行和手动运行两种工作方式。设备运行过程中操作人员必须经常检查给水池和回水池水位，水位必须符合水位要求，避免水位处在极限低水位上。

图 12-2 所示为恒压供水系统的板面安装示意。

自动运行为所有设备正常情况下采取的运行方式，其特点在于设备系统投入后，控制单元自动根据供水管网中供水压力和用水流量，智能采取变频控制和自动智能投切工频供水水泵，并根据用水量和水池水位自动发出报警信号，同时能检测变频器和各个水泵电动机的工作情况，如果变频器和水泵电动机有故障则自动切除设备并发出报警信号。

手动运行为设备在有故障发生或在检修状态时使用，手动状态可以作为整个系统应急状态使用，但必须要确保给水池和回水池水位符合要求，即确保水池水位不再极限低水位之下，以避免烧坏给水泵或回水泵。

1）在操作前完成检查工作，合上柜内所有断路器，系统上电，观察柜门上红色电源指示灯 RD 点亮，表示电源已经送上，此时禁止柜内维修操作（高电压危险）。观察 PLC 上指示灯，先由黄色转变成绿色，即 PLC 进入正常工作状态。这时可以通过仪表门上的二次仪表观测到管网系统中的供水压力值。同时如果给水池水位在 -1.7m 以下，则给水池补水电磁阀在系统上电后自动打开（无论手动/自动状态）。

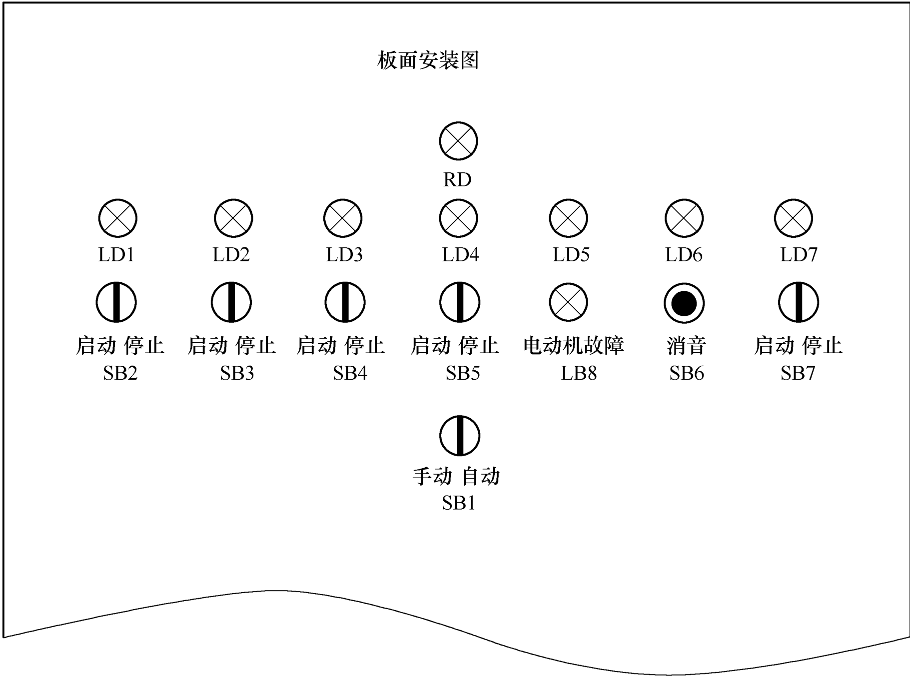
2）自动运行方式：将控制面板上手动/自动选择开关 SB1 旋转至自动位，系统进入自动运行状态。将控制面板上 SB2 变频供水启动旋转开关旋转至启动位，恒压供水系统投入自动运行。

注意：当将 SB1 旋转至启动位时 PLC 有 1min 自动延时，如果有检修工作正在进行或检修工作完成，此时间延时可以作为人员离场或安全确认时间。同样当将 SB2 旋转至启动位时，PLC 仍然要有 1min 动作延时，以确保在手动/自动转换过程中人员的安全，避免因为频繁投切变频器所引发的变频器损坏。即自动运行正常启动时，要等待 2min，才会有接触器动作。

3）在自动运行状态下系统自动检测管网压力，并且智能根据供水流量来自动投切工频供水水泵。

当系统用水流量不大于 $100m^3/h$ 时，系统只投入变频供水泵，并根据管网供水压力大小来改变变频器的输出频率，以便使得管网供水压力保持在 0.15～0.22MPa 范围内恒定。

当系统用水流量大于 $100m^3/h$ 时，系统检测到流量信号延时 5min 后，自动投入工频供



RD　电源指示灯（红色）
LD1　给水泵变频电动机运行指示灯（绿色）
LD2　给水泵工频电动机运行指示灯（绿色）
LD3　循环水泵工频电动机 1 运行指示灯（绿色）
LD4　循环水泵工频电动机 2 运行指示灯（绿色）
LD5　冷却塔风机 1 运行指示灯（绿色）
LD6　冷却塔风机 2 运行指示灯（绿色）
LD7　洗澡水电动机运行指示灯（绿色）
LD8　电动机故障

图 12-2　恒压供水系统的板面安装示意

水泵，并根据管网供水压力自动调节变频器的输出频率，以便使得管网供水压力保持在 0. 15 ~0. 22MPa 范围内恒定。

当工频供水泵投入后，如果系统检测到管网用水流量不大于 100m^3/h 后延时 5min，自动切除工频供水泵，此时系统供水恢复到由变频供水泵供水。

注意：系统判断工频供水泵是否投入运作的判定标准为管网供水压力是否恒定在 0. 15 ~ 0. 22MPa 范围内，但是工频供水泵投入和切除都加有 5min 时间延时，以防止因为管网供水压力的短暂波动所引起的工频供水泵频繁投切，并消除由此产生的对供水控制系统的冲击。

4）在自动运行状态下，系统根据给水池水位来自动控制 1#和 2#冷却水循环系统的工作和补水电动阀的开关。

当给水池水位在 –1. 0m 时，1#冷却系统工作，即 1#循环水泵投入，1#冷却塔冷却风机投入。当水位回升至 –0. 3m 时，1#冷却系统切除。

当给水池水位在 –1. 7m 时，2#冷却系统工作，即 2#循环水泵投入，2#冷却塔冷却风机投入。当水位回升至 –1. 0m 时，2#冷却系统切除。

当给水池水位在 -1.7m 时，给水池补水电磁阀打开。当水位回升至 -1.0m 时，给水池补水电磁阀关闭。

当给水池水位在 -2.4m 以下时，系统给水池低水位报警，并且自动切除变频供水泵和工频供水泵，以保护水泵和电动机，当水位恢复到 -1.7m 时系统恢复自动运行。

5）手动运行方式：检查确认给水池和回水池水位，确保水位符合运行要求，即水位应该远高于极限低水位。将控制面板上手动自动选择开关 SB1 旋转至手动位，系统进入手动运行状态。在此状态下，SB2、SB3、SB4、SB5 四个旋转开关如果旋转至启动位，则相应的电动机投入运行，即分别对应变频供水泵、工频供水泵、1#冷却水泵和冷却风机、2#冷却水泵和冷却风机。

将控制面板上 SB2 变频供水启动旋转开关旋转至启动位，恒压供水系统投入手动运行。如果此时不投入其他电动机，即 SB3、SB4、SB5 旋转在停止位，则只有变频供水泵投入工作。此时如果系统管网用水量大于 $100m^3/h$，系统只报警，不会自动投入工频供水泵。

同理，如果只将控制面板上 SB3 工频供水启动旋转开关旋转至启动位，则只有工频供水泵投入运行。如果同时将 SB2、SB3 旋转至启动位，则变频供水泵和工频供水泵都投入运行。此时如果系统管网用水量大于 $100m^3/h$，则两台泵中工频供水泵以工频状态工作，而变频供水泵根据管网供水水压变化以变频状态工作。此时如果系统管网用水量不大于 $100m^3/h$，则两台泵中工频供水泵以工频状态工作，而变频供水泵在通过以最低频率延时后，变频器停止变频输出，即 1#变频电动机不转，同时发出声光报警。

注意：当将 SB1 旋转至启动位时 PLC 有 1min 自动延时，如果有检修工作正在进行或检修工作完成，此时间延时可以作为人员离场或安全确认时间。在上述 SB2、SB3 旋转至启动位且系统管网用水量不大于 $100m^3/h$ 的状态下，工频供水泵停止输出时有 5min 延时，以防止因为管网供水压力的短暂波动所引起的变频器频繁在输出和停止间切换。

在手动状态下，分别旋转 SB4、SB5 旋钮开关至启动位，则 1#和 2#冷却风机及循环水泵分别投入运行。

特别注意：在手动状态下，旋转手动/自动选择开关 SB1 至手动位前，应该将 SB2、SB3、SB4 和 SB5 先旋转至停止位。在完成 SB1 手动/自动转换至手动位后，再分别旋转 SB2、SB3、SB4 和 SB5 旋钮开关至启动位。特别应注意每启动一台设备应该等待该设备投入运行稳定后，再依次启动第二台设备。严格禁止在手动/自动转换前，即 SB1 处于自动位时将 SB2、SB3、SB4、SB5 都旋转至启动位，然后再将 SB1 手动/自动选择开关旋转至手动位。这样会造成共计六台电动机同一时间一起投入运作，会造成电网功率因数突然降低，电网电压大幅降低，会严重影响电网供电质量，使得电动机启动困难。这样也会使得大量无功电流和无功负载投入到就地电网中，严重时会因为产生的浪涌冲击损坏变频器，同时使得同一电网中的用电设备严重受到冲击和影响。管路中供水流量突然的急剧变化，也会使得管网因压力突然变化而产生剧烈抖动。

6）设备停止运行时的操作方法如下：

在自动状态时将旋转开关 SB2 旋转至停止位即可。此时如果工频供水泵、1#和 2#冷却系统处于投入运作状态，则立即切除，变频供水泵通过半分钟时间延时后切除。

在手动状态下，要停止工频供水泵、1#和 2#冷却系统的电动机和水泵，则只需将相应的旋转开关 SB2、SB3、SB4 和 SB5 旋转至停止位即可。变频供水泵旋转开关旋转至停止位

后，通过半分钟时间延时后切除，并在确认所有电动机都切除后，分断总断路器 QF0。

注意：在手动状态下停止相应电动机时应该分次逐步操作，以避免管网系统因压力突变而产生的剧烈抖动。在设备停止运行操作时系统启动旋转开关（即变频供水泵启动旋转开关）SB2 必须旋转至停止位，以确保变频供水泵有效切除。严禁将 SB2 旋转至停止位。

特别要说明的是：在给水池和回水池达到极限低水位后，如果在手动位下手动启动工频给水泵，1#循环水泵和 2#循环水泵会因为水池中缺水而失去保护，有烧坏的可能。故在手动运行状态下，系统只作为设备检修时使用，不得在设备故障时以手动运行替代。在特殊情况下如果要用手动态运行系统，应该注意要确保水池水位符合运行要求，并且及时与设备商富友自动化公司联系进行维修。

4. 报警组成

恒压供水设备的报警系统中，划分有固定报警和循环报警两类报警方式。其中，变频器故障、电动机故障报警、给水池低水位报警和回水池低水位报警是固定报警。即一旦工频或变频所投入的电动机发生故障，则在切除相应的电动机的同时，系统发出声光连续的报警。此时如果需要检查，则可以按下自锁消音按钮 SB6，如果故障依然存在，黄色警告灯仍然闪亮，直至故障消除。如果在故障未消除的时候，再次按下 SB6 解除 SB6 自锁，则警报声再次连续响起，直至故障消除。

注意：变频器故障、电动机故障报警、给水池低水位报警和回水池低水位固定报警在手动和自动状态下都有效。

报警系统中，给水池水位 −1.0m、−1.7m 报警信号（即 1#冷却系统和 2#冷却系统启动报警信号）、给水池补水报警信号和管网供水流量报警信号（即管网流量 Q 不小于 $100m^3/h$ 时的报警信号）是循环报警。报警方式分别如下：

① 给水池水位 −1.0m 报警信号（即 1#冷却系统投入工作时），声光报警 5s 后停止报警，然后每 30min 循环报警 5s。报警优先级为初级。

② 给水池水位 −1.7m 报警信号（即 2#冷却系统投入工作并且补水电动阀 YV 同时打开补水），声光报警 10s 后停止报警，然后每 25min 循环报警 10s。报警优先级为中级。

③ 给水池水位 −2.4m 报警信号（即给水池低水位保护信号），此时补水电动阀强制补水并发出声光报警信号，同时在自动运行状态下切除变频供水泵和工频供水泵，系统发出声光报警 15s 后停止，然后每 10min 循环报警 15s。报警优先级为高级。

④ 在手动运行状态下，如果只投入变频供水泵，而管网供水流量 Q 不小于 $100m^3/h$ 时，系统发出声光报警 1s 后停止报警，然后每 5min 循环报警 1s。报警优先级为高级。

同样，如果在手动运行状态下同时投入变频供水泵和工频供水泵，如果管网供水流量不大于 $100m^3/h$ 时，系统自动切除变频供水泵，同时声光报警 1s 后停止报警，然后每 5min 循环报警 1s。报警优先级为高级。

注意：报警信息中循环报警起提示作用，分别为管网流量和水池水位。固定报警则是设备运行中的故障报警，分别为电动机故障、变频器故障和给水池、回水池极限低水位报警。一旦系统发出固定报警就意味着系统中有硬件设备损坏，包括变频器电动机和给水池补水电动阀，并且在自动运行状态下整个循环水系统全部切除，以确保恒压供水系统的完整性。而在手动状态下，一旦固定报警发生应该注意首先检查给水池和回水池水位是否符合运行要求，切忌在极限低水位下手动运行给水泵和循环水泵，以免烧坏水泵。

特别要说明的是：在给水池和回水池达到极限低水位后，如果在手动位下手动启动工频给水泵，1#循环水泵和 2#循环水泵会因为水池中缺水而失去保护，有烧坏的可能。

故障信息见表 12-1。

表 12-1　故障信息

状态	故障原因	报警内容
自动	给水池水位 -1.7m	循环报警 5s/30min
	给水池水位 -1.0m	循环报警 10s/25min
手动	流量≥100m³/h	循环报警 1min/5min
	流量<00m³/h	循环报警 1min/5min

5. 硬件图样

图 12-3 ~ 图 12-25 完整地给出了实现本恒压供水系统的所有硬件图样。

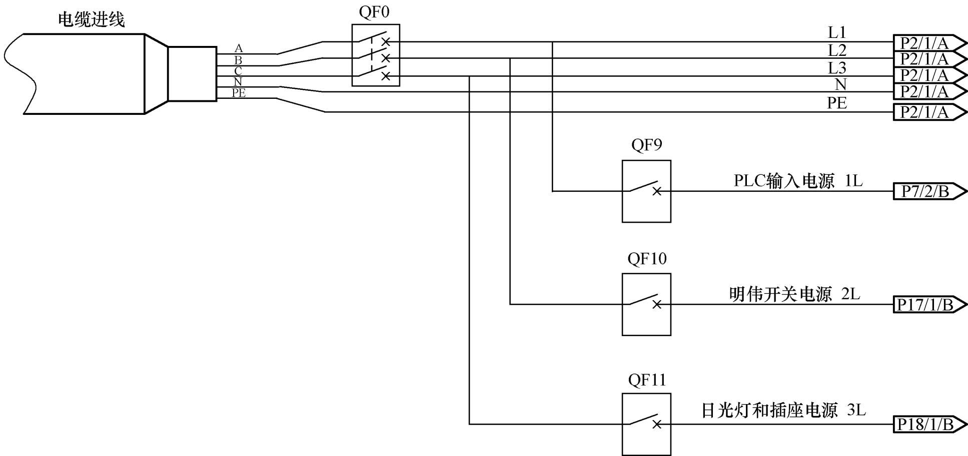


图 12-3　恒压供水 CAD 图样 P1

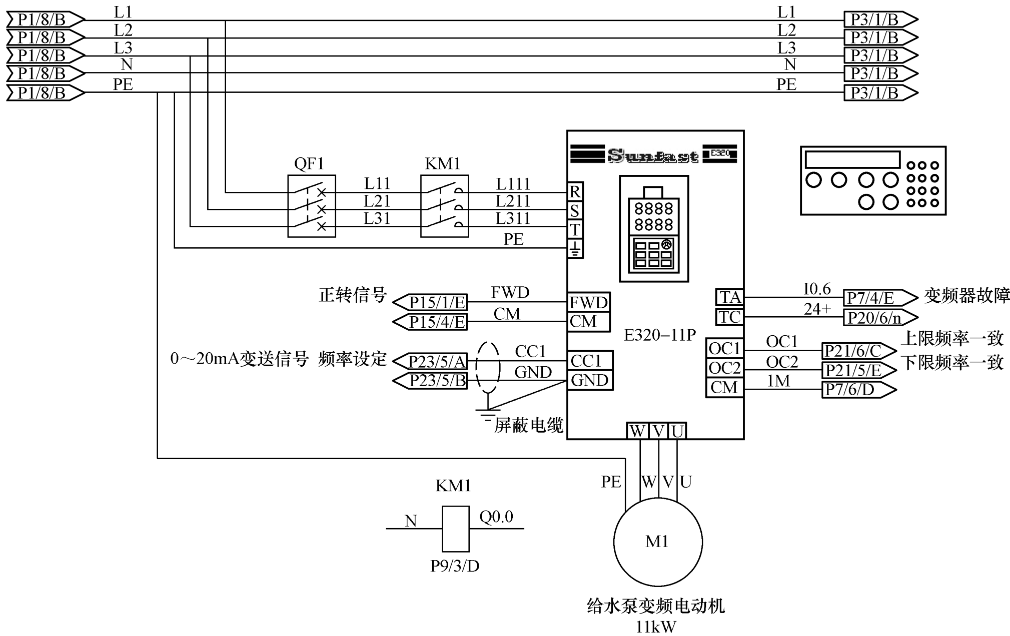


图 12-4　恒压供水 CAD 图样 P2

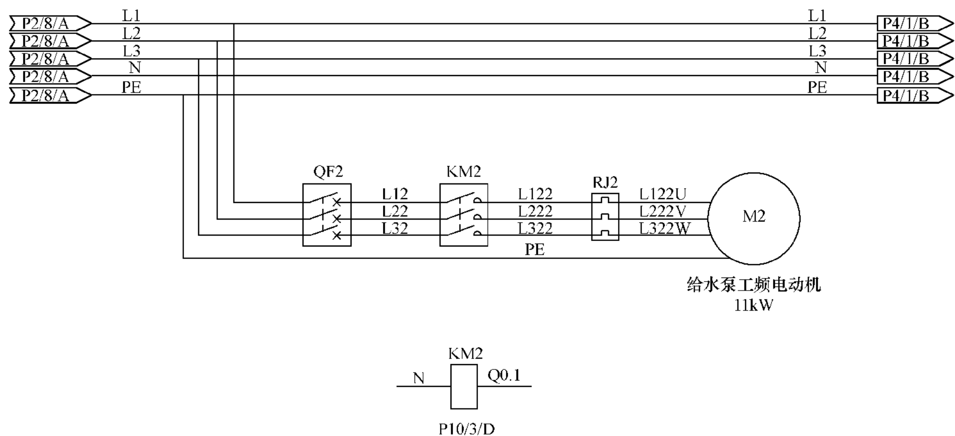


图 12-5　恒压供水 CAD 图样 P3

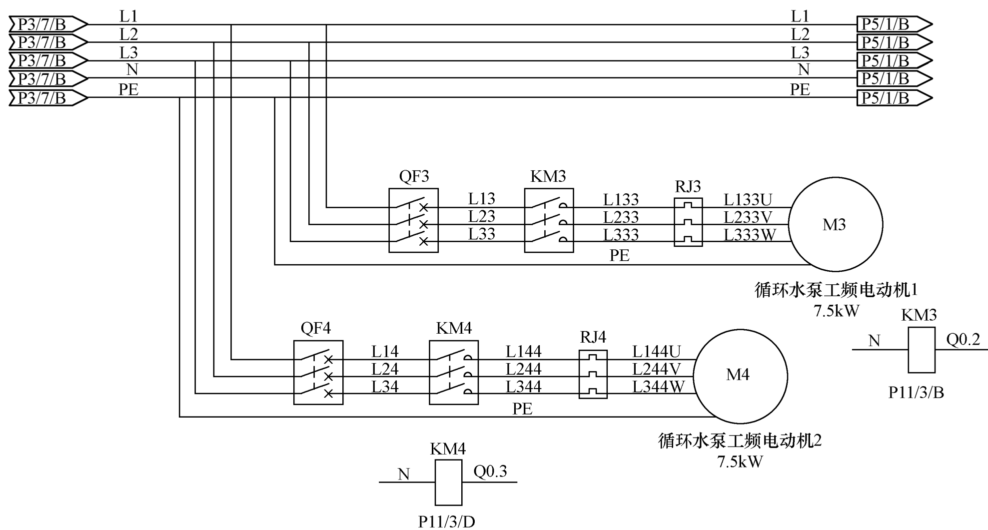


图 12-6　恒压供水 CAD 图样 P4

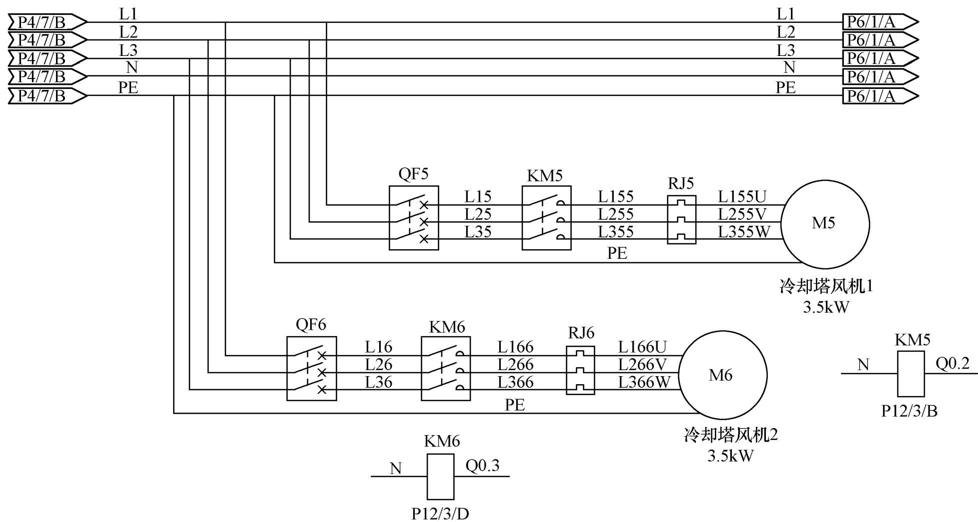


图 12-7　恒压供水 CAD 图样 P5

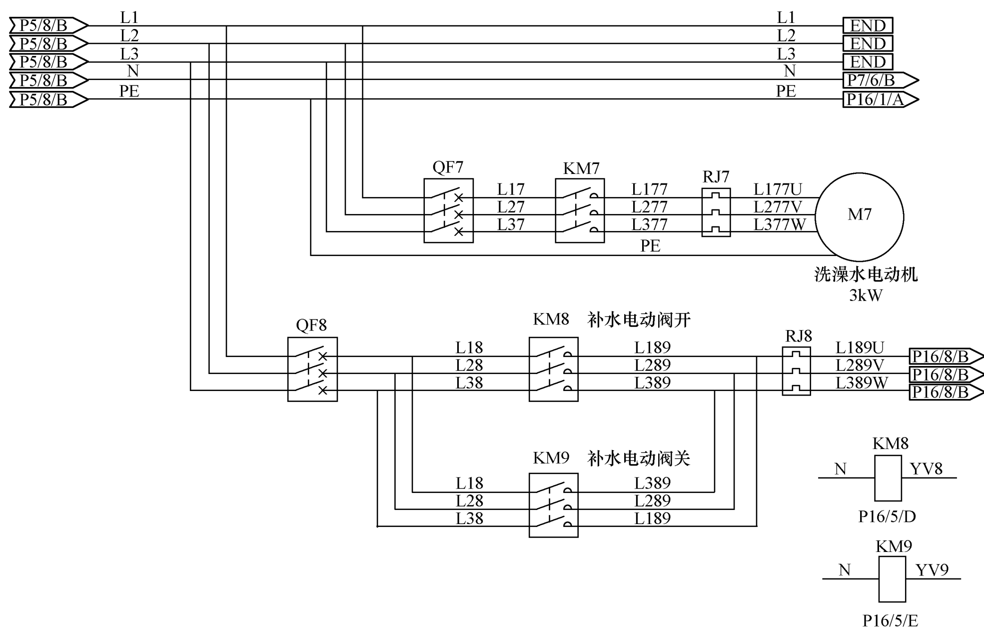


图 12-8 恒压供水 CAD 图样 P6

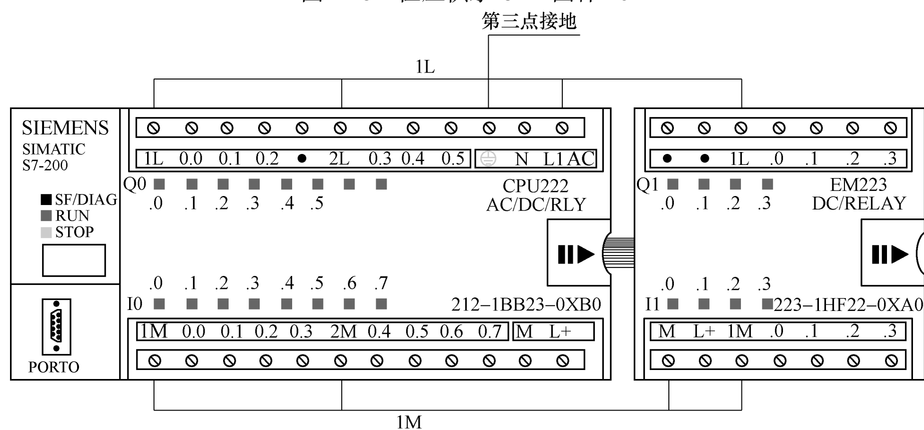


图 12-9 恒压供水 CAD 图样 P7

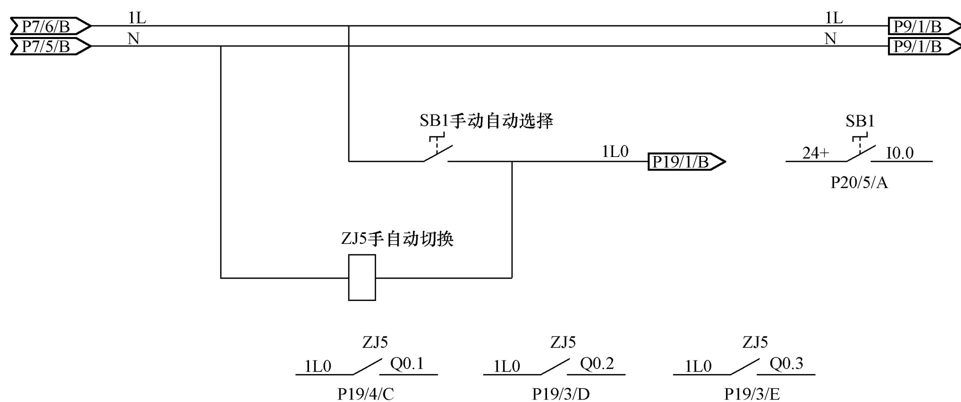


图 12-10 恒压供水 CAD 图样 P8

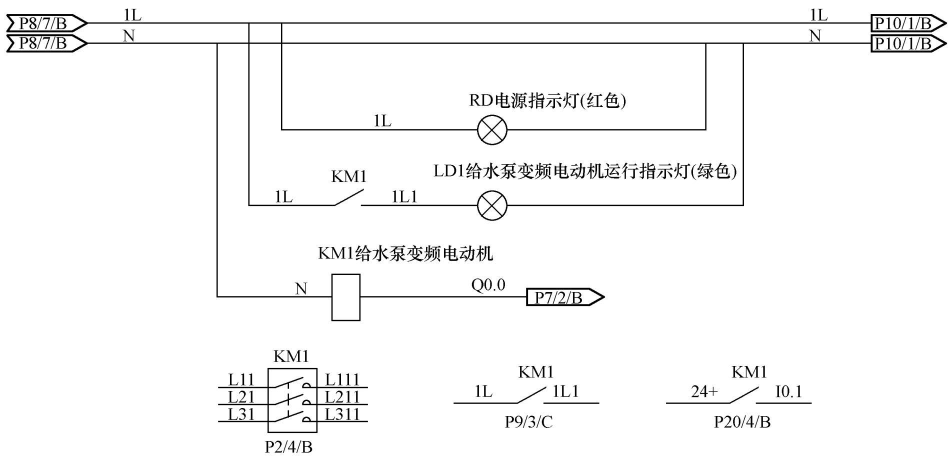


图 12-11　恒压供水 CAD 图样 P9

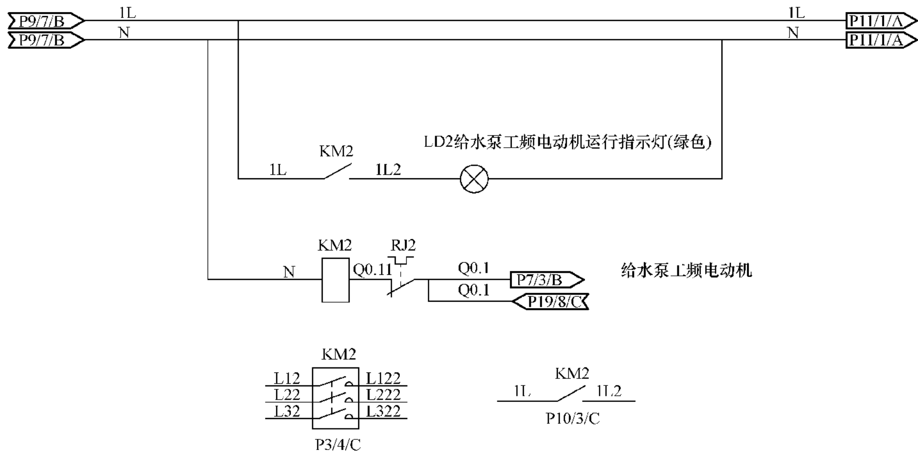


图 12-12　恒压供水 CAD 图样 P10

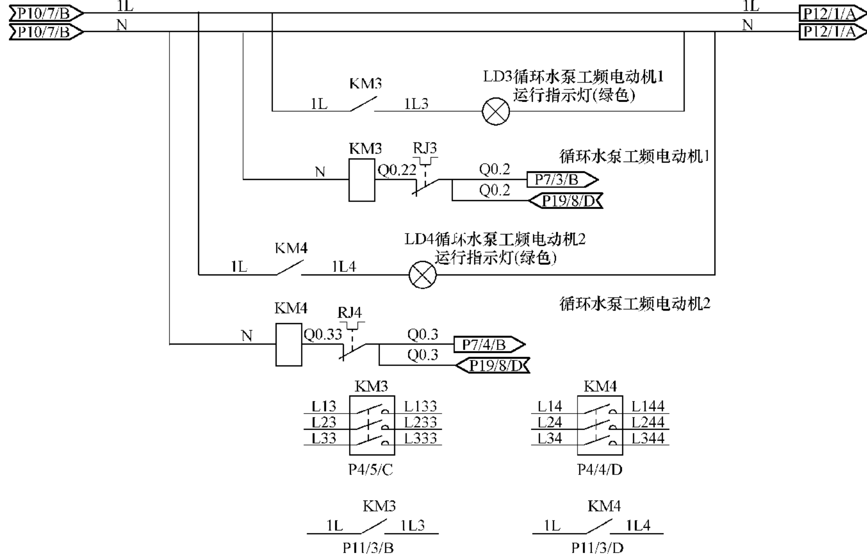


图 12-13　恒压供水 CAD 图样 P11

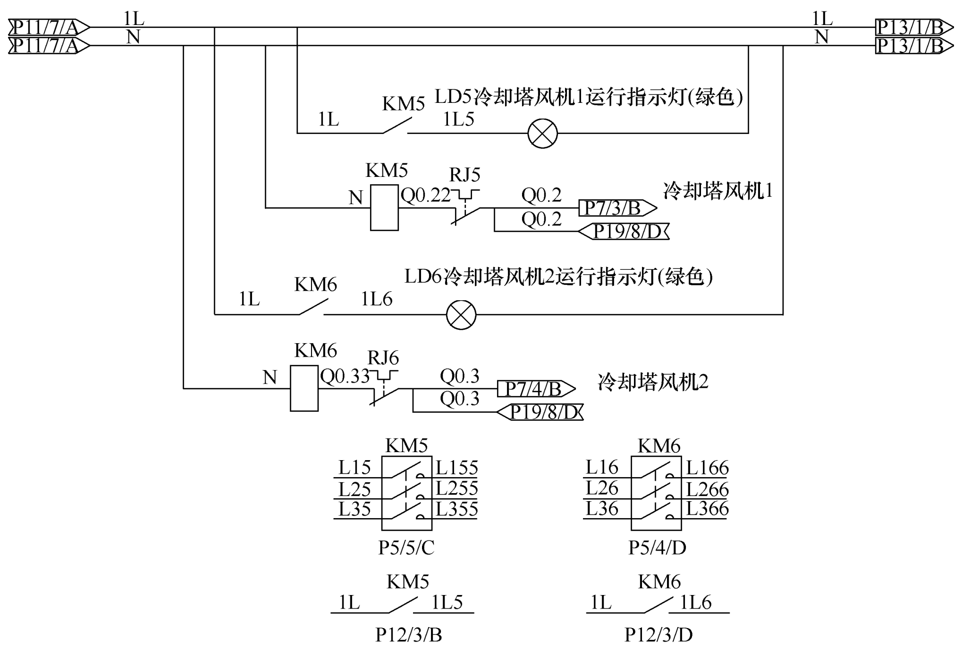


图 12-14　恒压供水 CAD 图样 P12

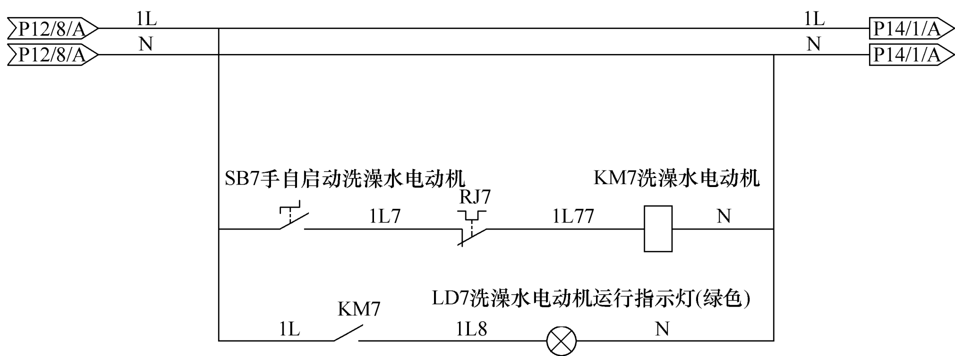


图 12-15　恒压供水 CAD 图样 P13

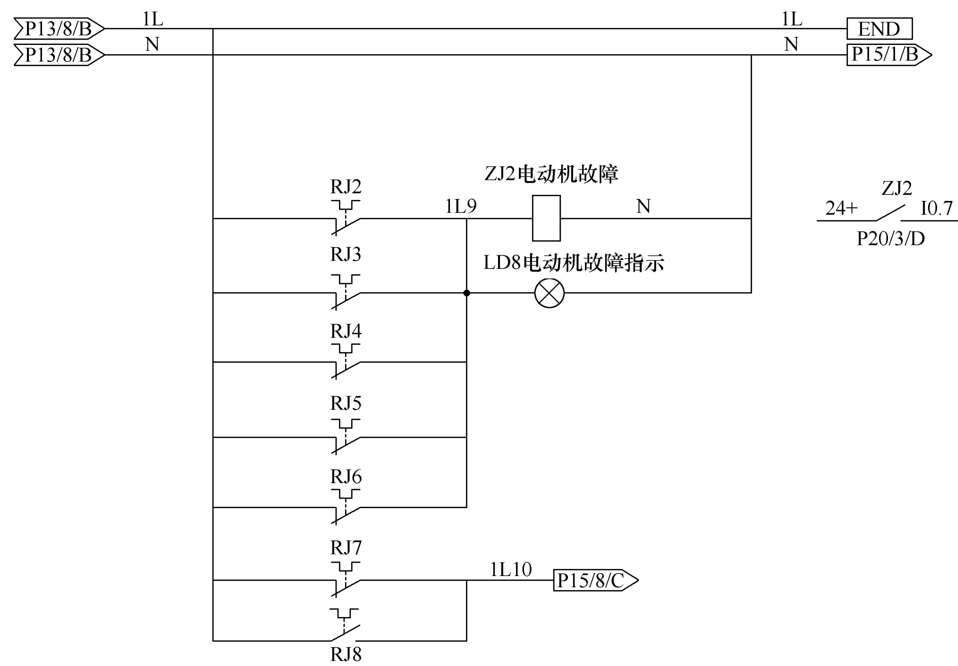


图 12-16　恒压供水 CAD 图样 P14

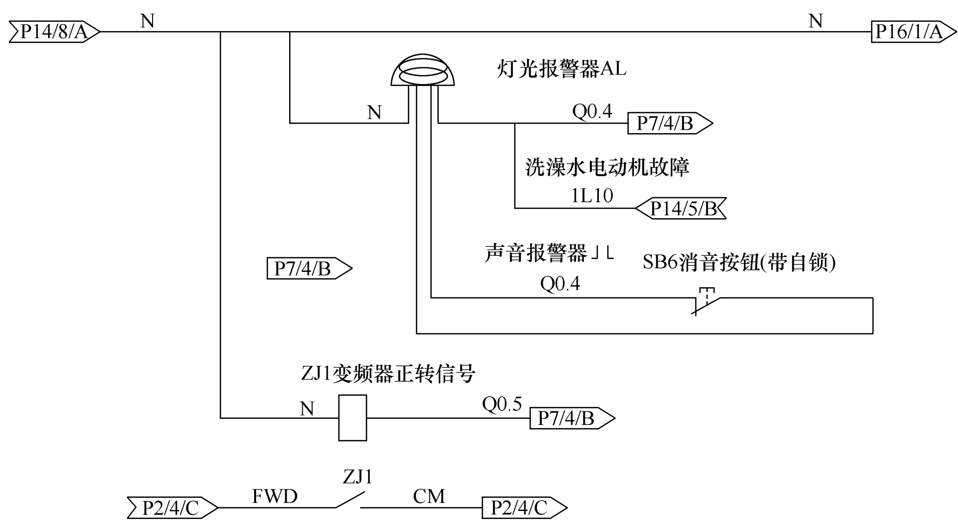


图 12-17　恒压供水 CAD 图样 P15

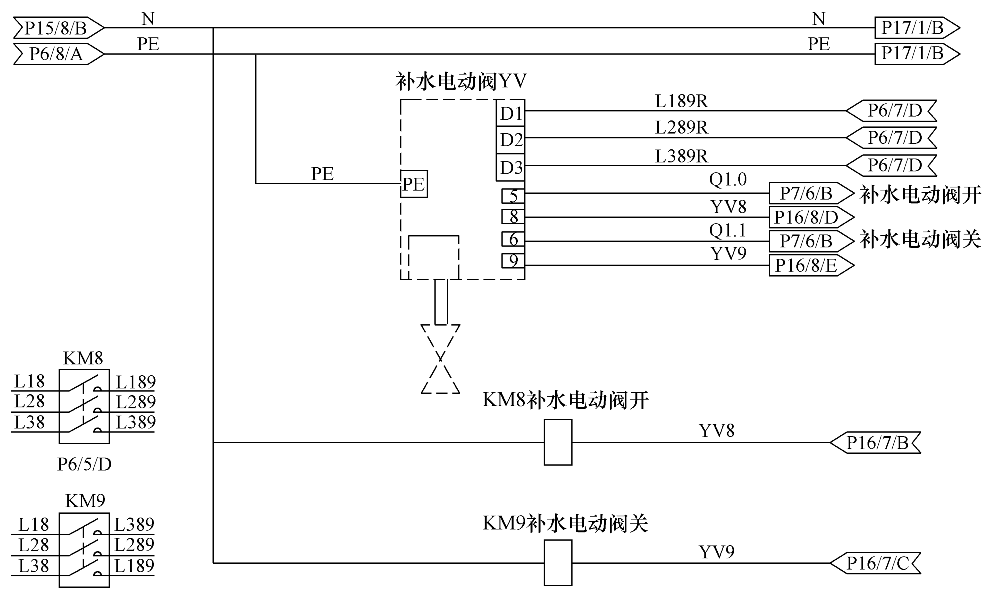


图 12-18　恒压供水 CAD 图样 P16

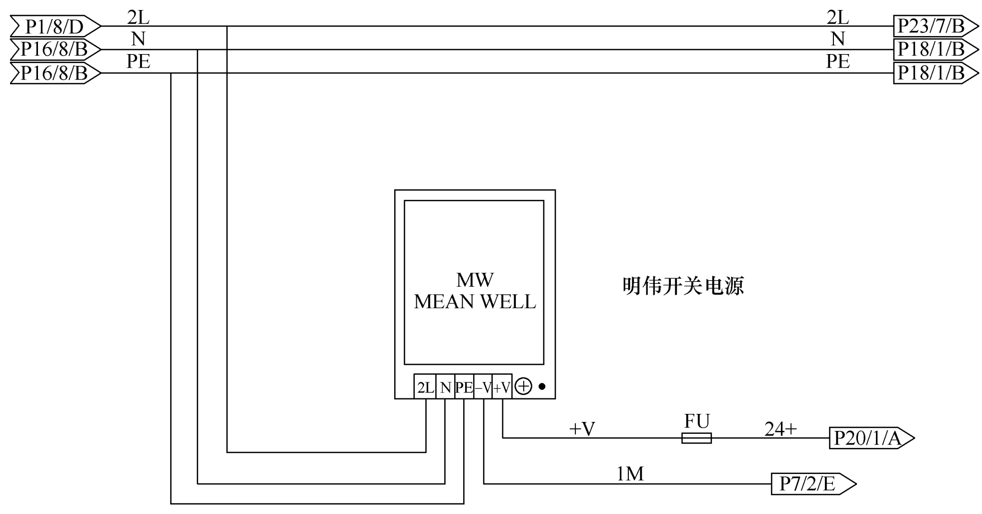


图 12-19　恒压供水 CAD 图样 P17

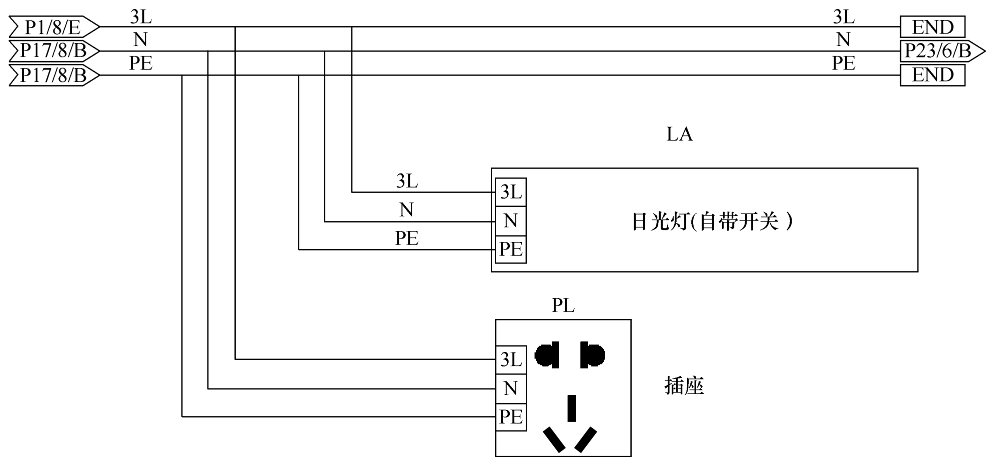


图 12-20　恒压供水 CAD 图样 P18

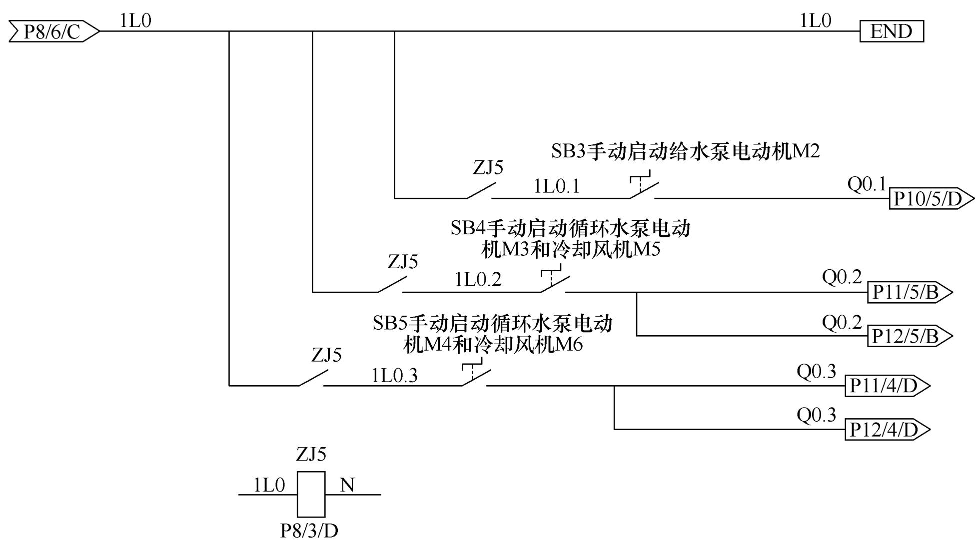


图 12-21　恒压供水 CAD 图样 P19

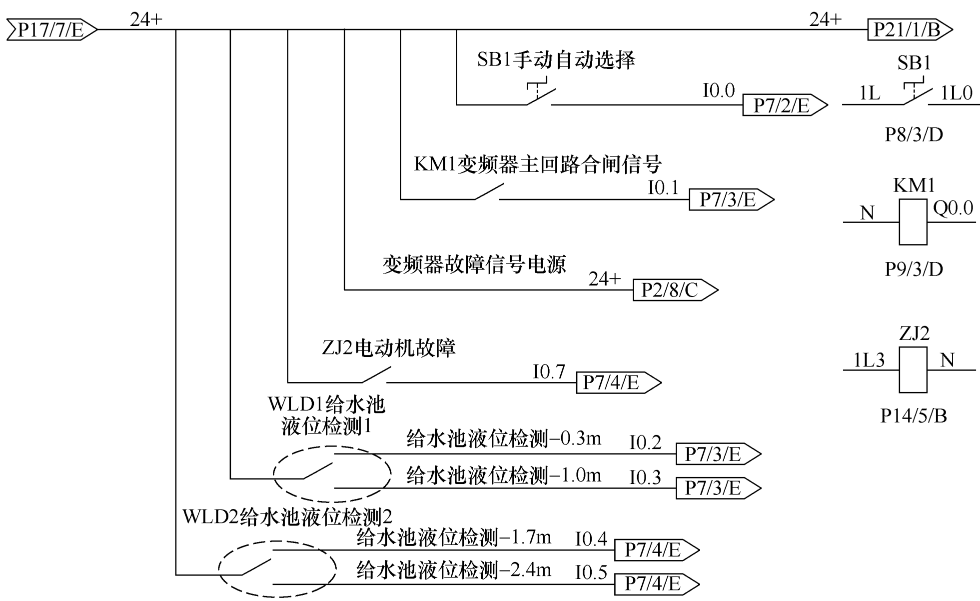


图 12-22　恒压供水 CAD 图样 P20

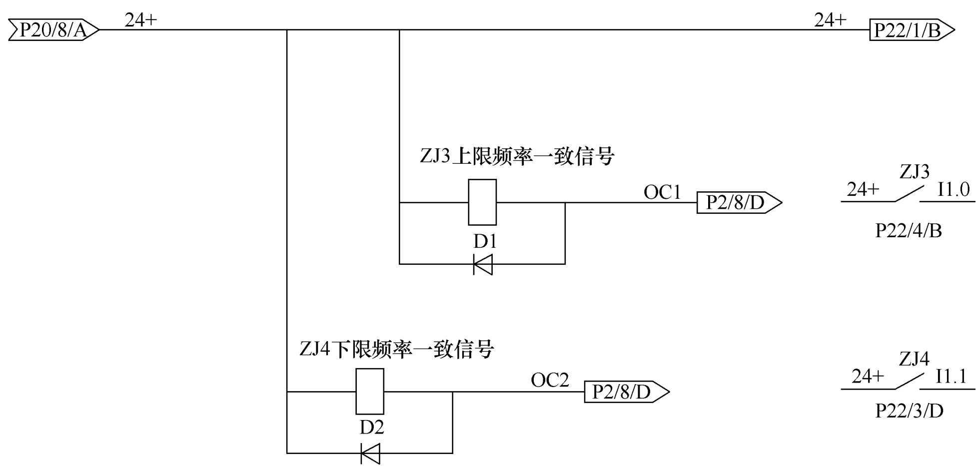


图 12-23　恒压供水 CAD 图样 P21

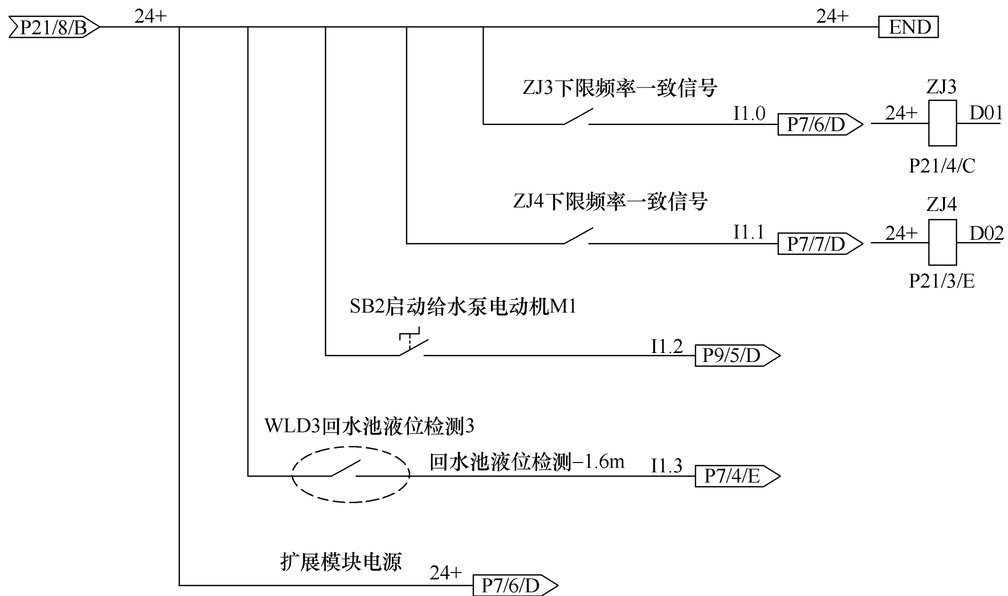


图 12-24　恒压供水 CAD 图样 P22

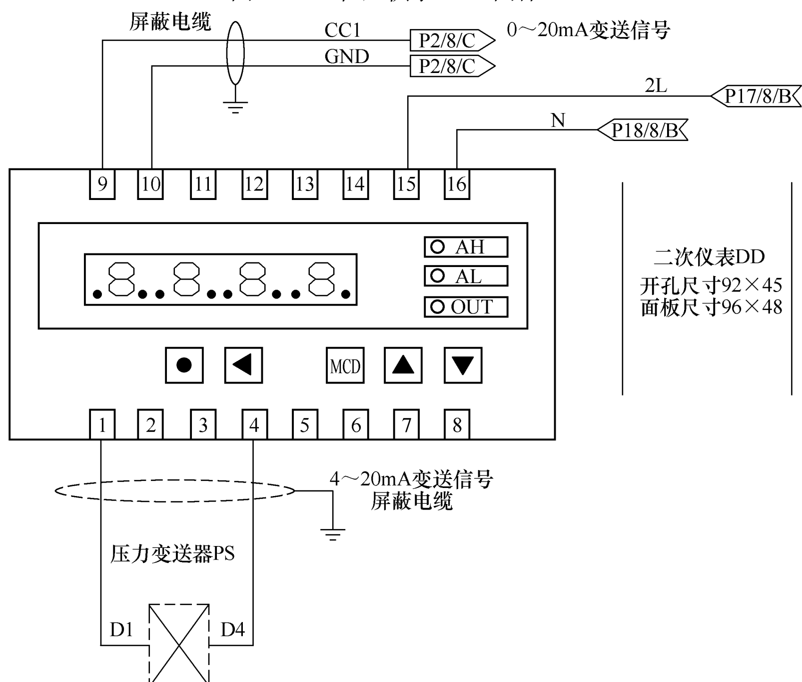


图 12-25　恒压供水 CAD 图样 P23

12. 2　恒压供水系统控制流程与程序设计

1. 恒压供水系统的控制流程

根据上述工艺说明，绘制出如图 12-26 所示的恒压供水流程 A 和图 12-27 所示的恒压供水流程 B。

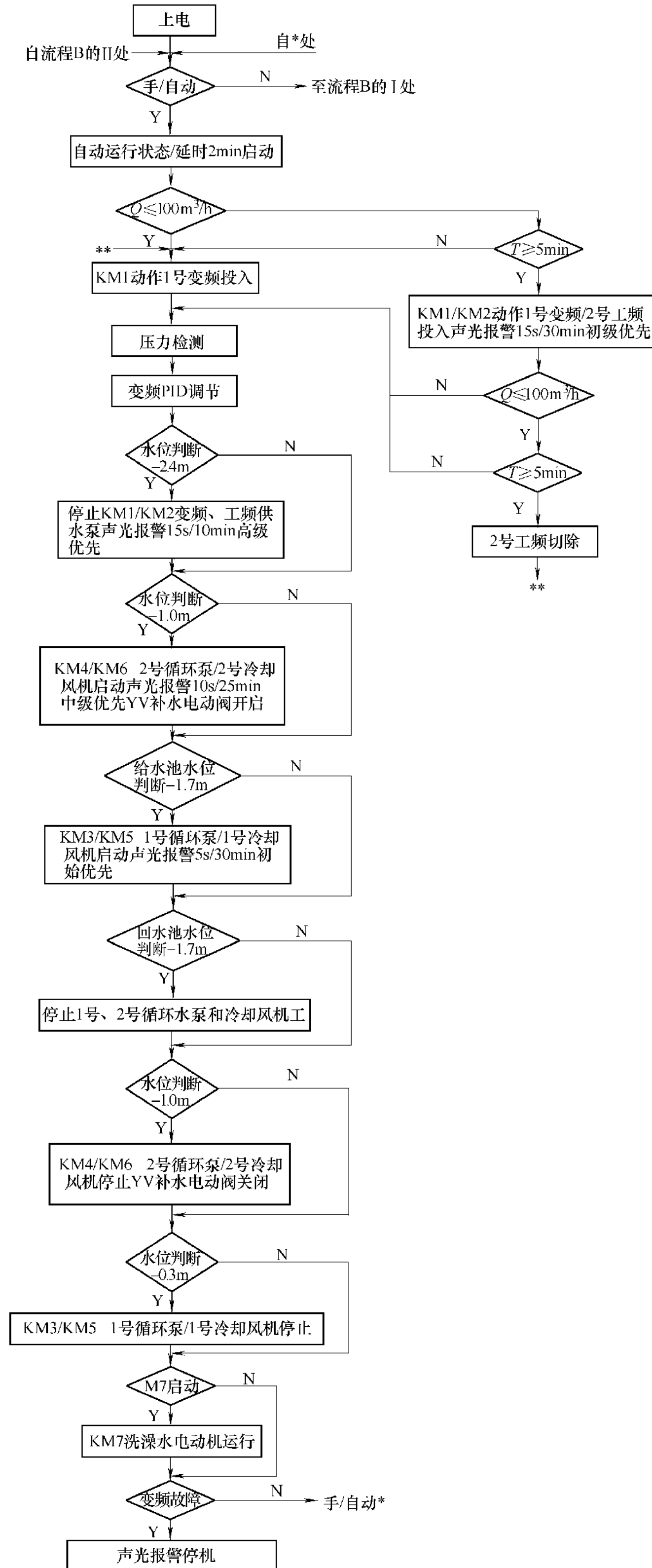


图 12-26　恒压供水流程 A

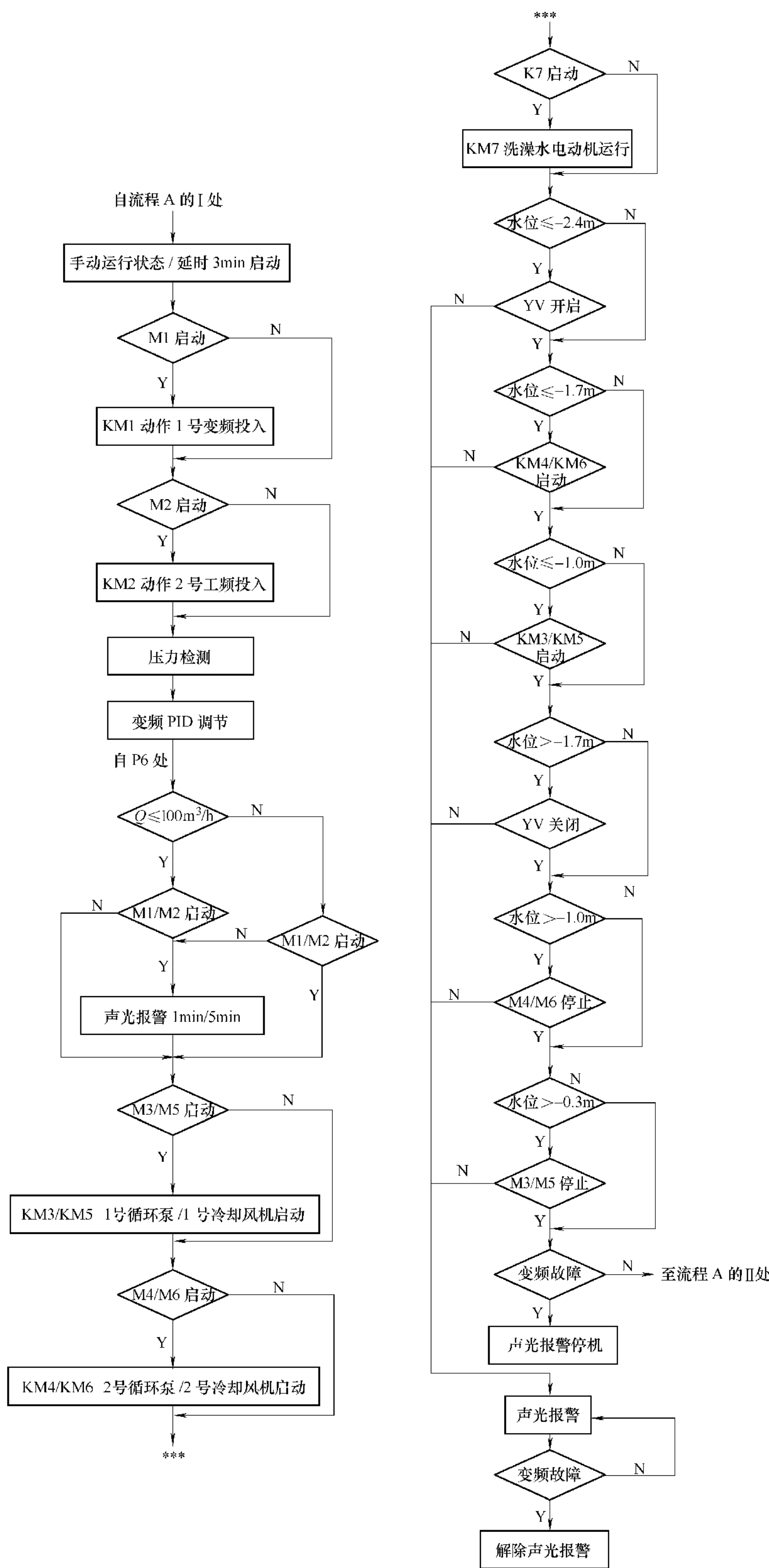


图 12-27　恒压供水流程 B

2. I/O 资源定义

恒压供水系统的 I/O 资源定义见表 12-2。

表 12-2　恒压供水系统的 I/O 资源定义

序号	地址	注释	地址	注释
1	I0.0	手动选择	Q0.0	变频供水
2	I0.1	变频器主回路合闸信号	Q0.1	工频供水
3	I0.2	给水池 -0.3m	Q0.2	1#冷却系统工作
4	I0.3	给水池 -1.0m	Q0.3	2#冷却系统工作
5	I0.4	给水池 -1.7m	Q0.4	灯光报警
6	I0.5	给水池 -2.4m	Q0.5	变频器正转
7	I0.6	变频器故障		
8	I0.7	电动机故障		
9	I1.0	上限频率一致信号	Q1.0	补水阀开
10	I1.1	下限频率一致信号	Q1.1	补水阀关
11	I1.2	系统启动		
12	I1.3	回水池液位检测		

3. 主程序设计

程序变量说明见表 12-3。

表 12-3　程序变量说明

序号	地址	注释	地址	注释
1	T37	水位判断 -0.1m 报警 5s	M0.0	初始化复位
2	T38	水位判断 -0.1m 报警延时 30min	M0.1	水位判断 -1.0m 首次报警
3	T39	水位判断 -0.1m 首次报警 5s	M0.2	水位判断 -1.7m 首次报警
4	T40	水位判断 -1.7m 报警 10s	M0.3	水位判断 -2.4m 首次报警
5	T41	水位判断 -1.7m 报警延时 25min	M0.4	变频器故障报警
6	T42	水位判断 -1.7m 首次报警 10s	M0.5	自动流量 >100m^3/h 首次报警
7	T43	水位判断 -2.4m 报警 15s	M0.6	手动流量首次报警
8	T44	水位判断 -2.4m 报警延时 10min	M1.0	1#冷却风机启动报警
9	T45	水位判断 -2.4m 首次报警 15s	M1.1	2#冷却风机启动报警
10	T46	流量报警 5s	M1.2	补水报警
11	T47	流量报警延时 30min	M1.3	变频器故障报警
12	T48	流量首次报警 5s	M1.4	流量报警
13	T49	手动流量报警 1min	M1.5	手动流量报警

（续）

序号	地址	注释	地址	注释
14	T50	手动流量报警延时 5min	M1. 6	电动机故障报警
15	T51	手动流量首次报警 1min	M2. 0	补水阀开
16	T52	变频启动延时 1min	M2. 1	补水阀关
17	T53	变频运行停止延时		
18	T54	变频器正转延时		
19	T55	上限频率一致延时		
20	T56	下限频率一致延时		
21	T57	补水电动阀开延时		
22	T58	补水电动阀关延时		

恒压供水系统主程序如图 12-28 所示。

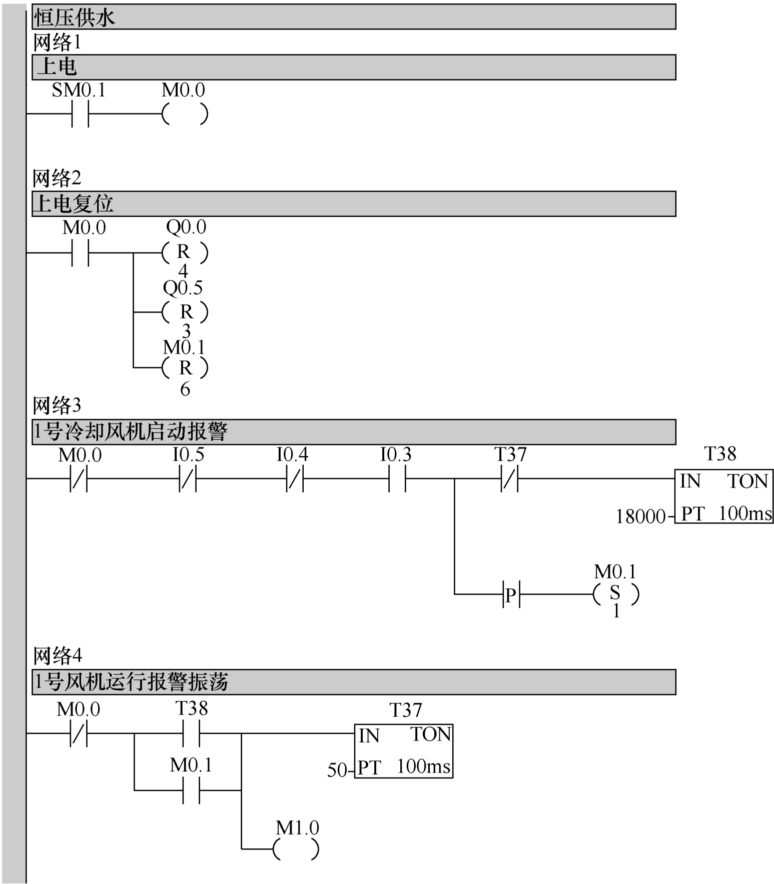


图 12-28　恒压供水系统主程序

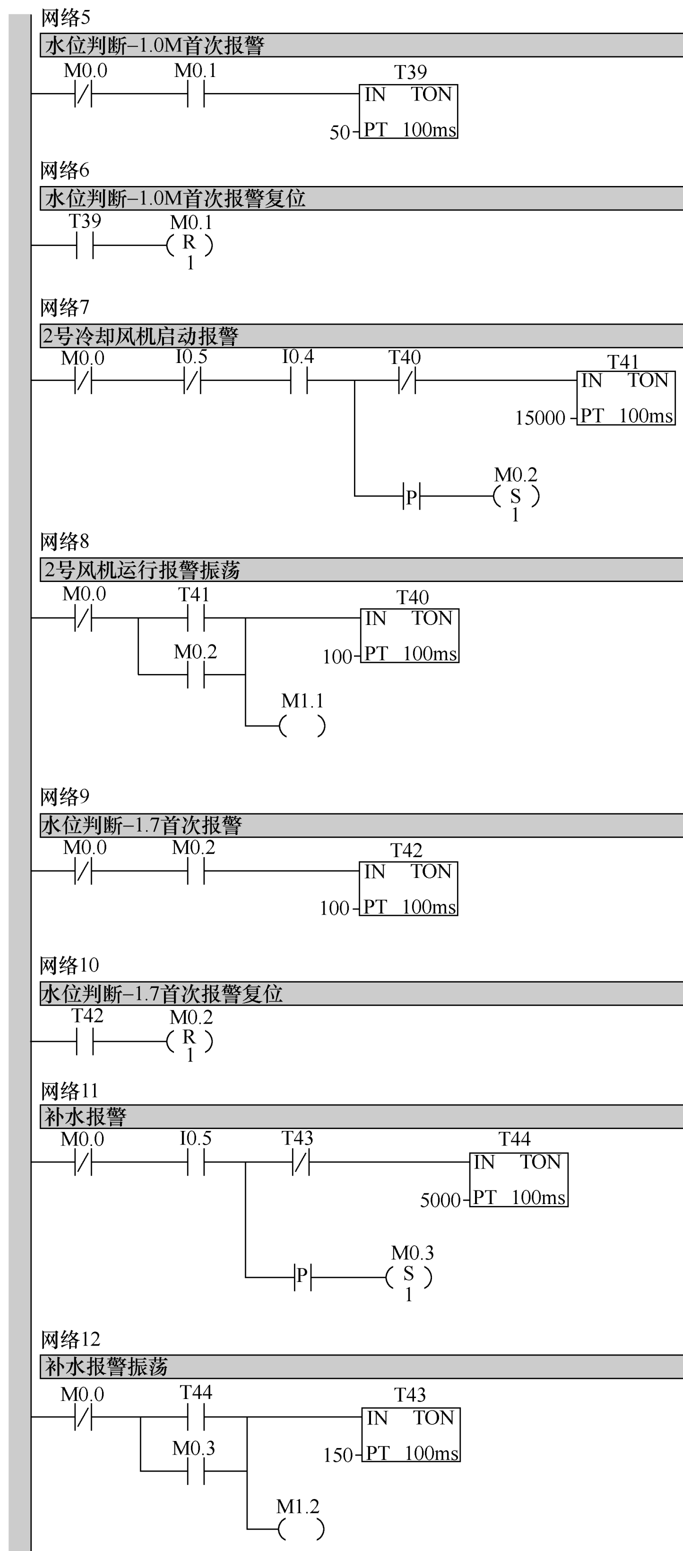
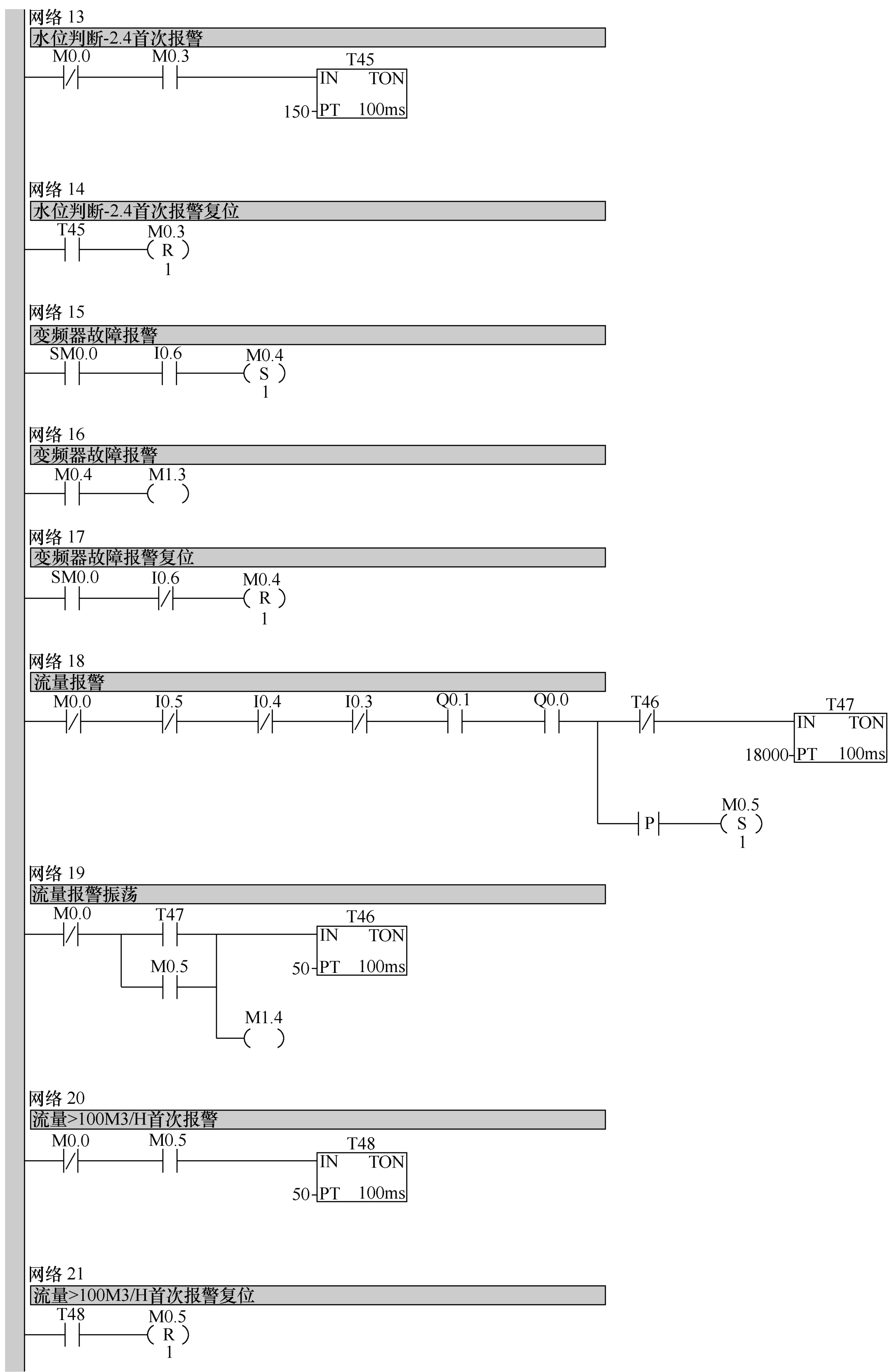

网络5
水位判断-1.0M首次报警
M0.0
M0.1
T39
IN TON
50
PT 100ms
网络6
水位判断-1.0M首次报警复位
T39
M0.1
R
1
网络7
2号冷却风机启动报警
M0.0
I0.5
I0.4
T40
T41
IN TON
15000
PT 100ms
P
M0.2
S
1
网络8
2号风机运行报警振荡
M0.0
T41
T40
IN TON
M0.2
100
PT 100ms
M1.1
网络9
水位判断-1.7首次报警
M0.0
M0.2
T42
IN TON
100
PT 100ms
网络10
水位判断-1.7首次报警复位
T42
M0.2
R
1
网络11
补水报警
M0.0
I0.5
T43
T44
IN TON
5000
PT 100ms
P
M0.3
S
1
网络12
补水报警振荡
M0.0
T44
T43
IN TON
M0.3
150
PT 100ms
M1.2

图 12-28 （续）



网络 13
水位判断-2.4首次报警
M0.0
M0.3
T45
IN TON
150-PT 100ms
网络 14
水位判断-2.4首次报警复位
T45
M0.3
R
1
网络 15
变频器故障报警
SM0.0
I0.6
M0.4
S
1
网络 16
变频器故障报警
M0.4
M1.3
网络 17
变频器故障报警复位
SM0.0
I0.6
M0.4
R
1
网络 18
流量报警
M0.0
I0.5
I0.4
I0.3
Q0.1
Q0.0
T46
T47
IN TON
18000-PT 100ms
P
M0.5
S
1
网络 19
流量报警振荡
M0.0
T47
T46
IN TON
M0.5
50-PT 100ms
M1.4
网络 20
流量>100M3/H首次报警
M0.0
M0.5
T48
IN TON
50-PT 100ms
网络 21
流量>100M3/H首次报警复位
T48
M0.5
R
1

图 12-28　（续）

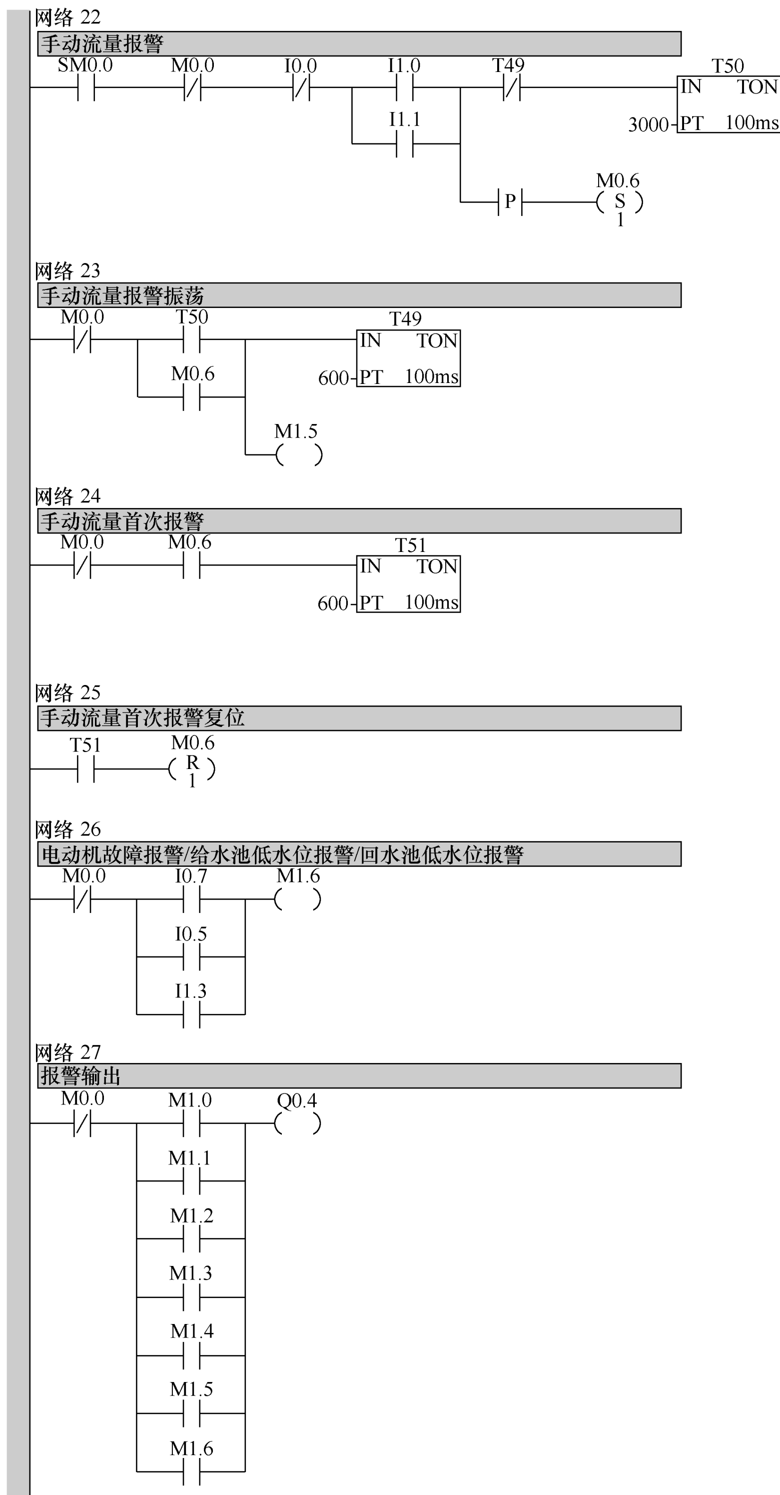
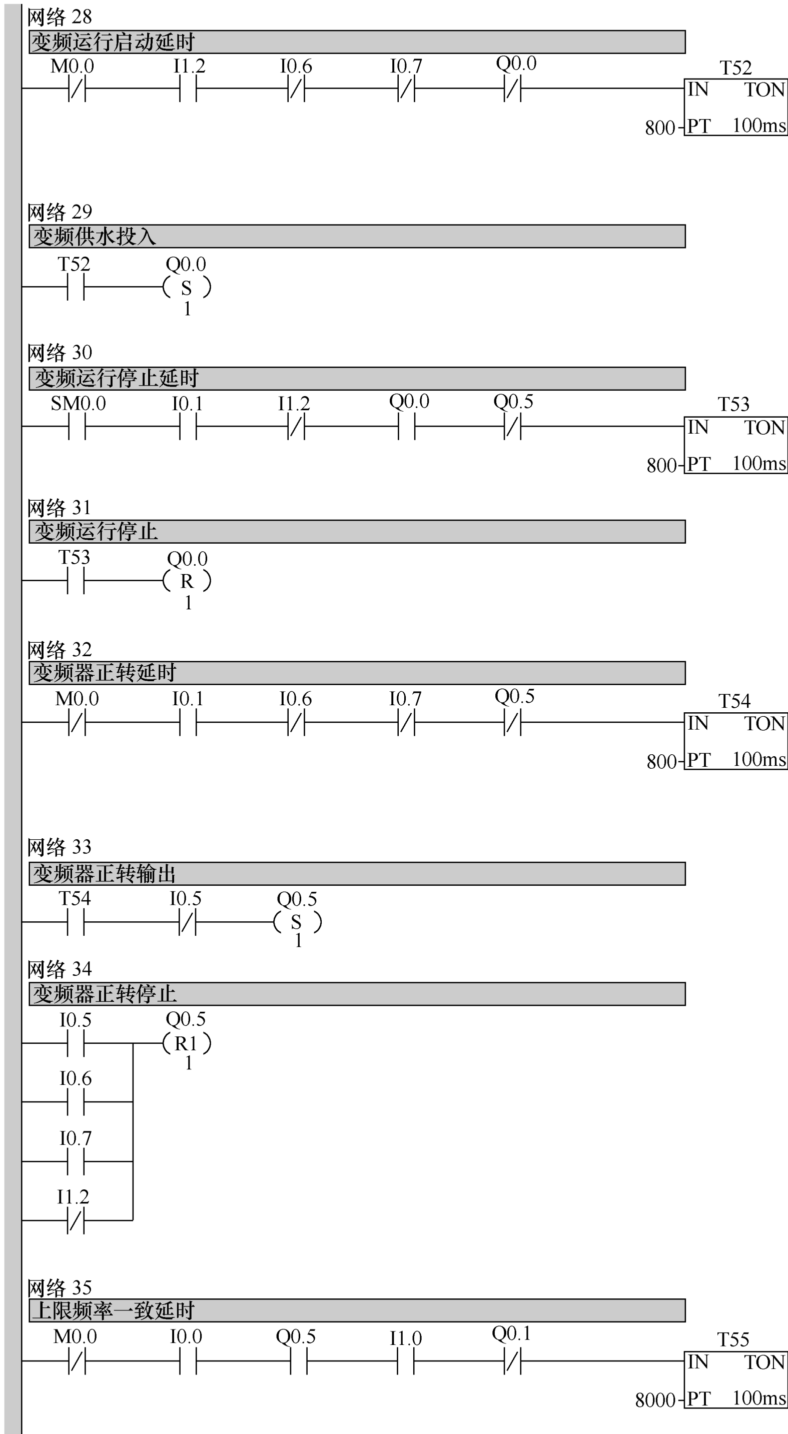

网络 22
手动流量报警
SM0.0
M0.0
I0.0
I1.0
T49
T50
IN TON
I1.1
3000
PT 100ms
P
M0.6
S
1
网络 23
手动流量报警振荡
M0.0
T50
T49
IN TON
M0.6
600
PT 100ms
M1.5
网络 24
手动流量首次报警
M0.0
M0.6
T51
IN TON
600
PT 100ms
网络 25
手动流量首次报警复位
T51
M0.6
R
1
网络 26
电动机故障报警/给水池低水位报警/回水池低水位报警
M0.0
I0.7
M1.6
I0.5
I1.3
网络 27
报警输出
M0.0
M1.0
Q0.4
M1.1
M1.2
M1.3
M1.4
M1.5
M1.6

图 12-28　（续）



网络 28
变频运行启动延时
M0.0
I1.2
I0.6
I0.7
Q0.0
T52
IN TON
800-PT 100ms
网络 29
变频供水投入
T52
Q0.0
S
1
网络 30
变频运行停止延时
SM0.0
I0.1
I1.2
Q0.0
Q0.5
T53
IN TON
800-PT 100ms
网络 31
变频运行停止
T53
Q0.0
R
1
网络 32
变频器正转延时
M0.0
I0.1
I0.6
I0.7
Q0.5
T54
IN TON
800-PT 100ms
网络 33
变频器正转输出
T54
I0.5
Q0.5
S
1
网络 34
变频器正转停止
I0.5
Q0.5
R1
1
I0.6
I0.7
I1.2
网络 35
上限频率一致延时
M0.0
I0.0
Q0.5
I1.0
Q0.1
T55
IN TON
8000-PT 100ms

图 12-28　（续）

网络 36
工频供水投入
T55　I0.0　I0.5　Q0.1 (S) 1

网络 37
下限频率一致延时
M0.0　I1.1　T56
I0.0　IN TON
Q0.5　3000-PT 100ms

网络 38
工频供水切除
T56　Q0.1 (R) 1
I0.5

网络 39
1#冷却系统投入
M0.0　I0.0　I0.2　I1.2　I0.7　I1.3　I0.3　Q0.2 (S) 1

网络 40
1#冷却系统切除
SM0.0　I0.3　I0.2　Q0.2 (R) 1
I0.7
I0.0
I1.3
I1.2

网络 41
2#冷却系统投入
M0.0　I0.0　I0.3　I1.2　I0.7　I1.3　I0.4　Q0.3 (S) 1

网络 42
2#冷却系统切除
SM0.0　I0.4　I0.3　Q0.3 (R) 1
I0.7
I0.0
I1.3
I1.2


图 12-28　（续）

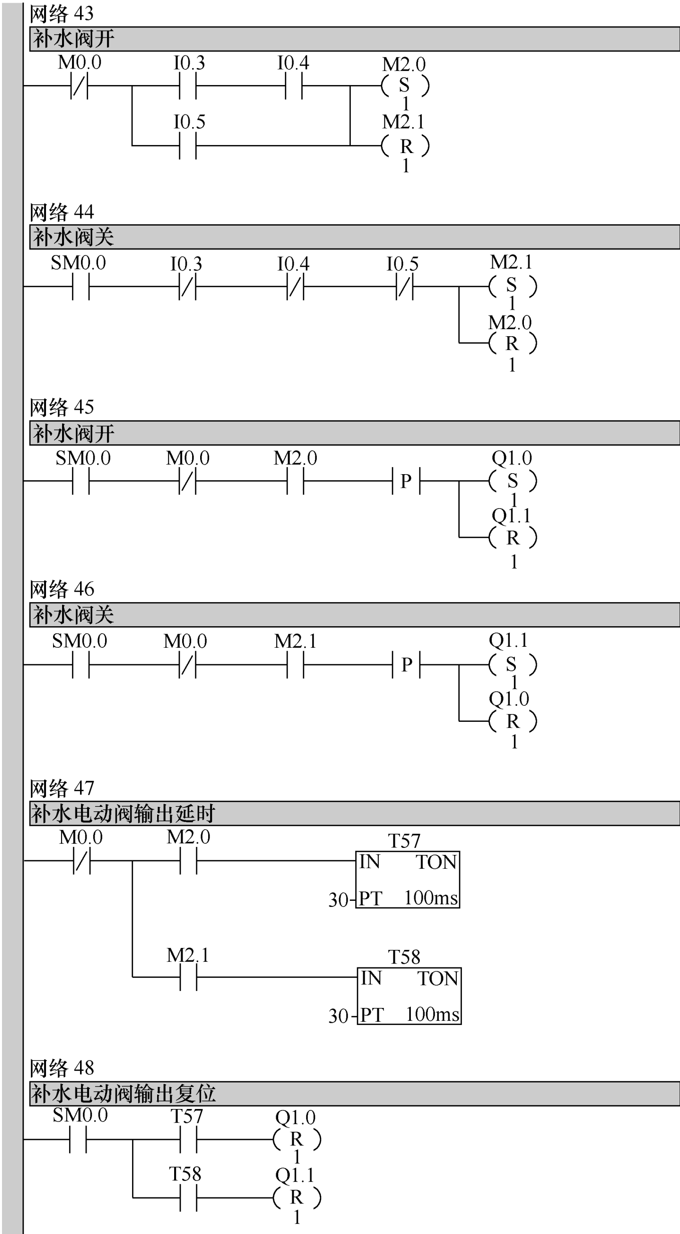


图 12-28　（续）

4. 变频器参数设置

恒压供水系统 E230 变频器参数见表 12-4。

表 12-4　恒压供水系统 E230 变频器参数

参数类型	功能代码	名称	设定	说明
基本运行参数	F0. 1	运行命令通道	1	外部端子
	F0. 3	运行命令端子组合方式	1	两线模式 2
	F0. 6	下限频率	6	6Hz
	F0. 7	下限频率运行模式	1	低于下限频率时按下限频率运行
	F0. 8	加速时间 1	10	10s
	F0. 9	减速时间 1	10	10s
	F0. 10	加减速方式	1	S 曲线
	F0. 11	V/F 曲线类型选择	1	风机水泵降转矩曲线 1
	F0. 12	转矩提升	0	零频输出电压
	F0. 16	载波频率	5	Hz
	F0. 17	负载类型选择	1	风机水泵型
数字输入参数	F1. 7	输出端口 1 OC1 选择	5	输出频率达到上限
	F1. 8	输出端口 2 OC2 选择	6	输出频率达到下限
模拟输入参数	F2. 6	CC1 输入电流下限	0	0mA
	F2. 9	最小设定对应频率	6	6Hz
辅助参数	F3. 0	启动频率	2	2Hz
	F3. 1	启动频率持续时间	1	1s
	F3. 28	参数写入保护	2	禁止改写所有参数
PID 参数	F5. 0	PID 控制	1	打开
	F5. 1	反馈通道选择	2	外部电流信号（CC1/0 ~ 20mA）
	F5. 2	设定通道选择	0	面板电位器
	F5. 8	比例增益	2	2 倍
	F5. 9	积分时间长度	30	30s
	F5. 10	偏差允许限值	10	10%
	F5. 11	睡眠阈值	17. 5	0. 25Mp
	F5. 12	唤醒阈值	11. 2	0. 16Mp

5. 压力数显仪参数表参数设置

本恒压供水系统中采用 XSCH 系列数显仪，其参数见表 12-5。

表 12-5　XSCH 系列数显仪参数表

参数类型	功能代码	名称	设定	说明
测量及显示	CncH	输入信号选择	0 ~ 20	0 ~ 20mA
	Cn-d	测量值小数点位置选择	0. 000	压力变送信号量程单位
	u-r	量程下限	0. 000	0 公斤压力
	F-r	量程上限	0. 300	3 公斤压力
	PE	开平方运算选择	OFF	停用
	cHo	小信号切除门限	0	停用
	oP	变送输出信号选择	0 ~ 20	0 ~ 20mA
	bs-L	变送输出下限设定	0. 000	0 公斤压力
	bs-H	变送输出上限设定	0. 300	3 公斤压力

（注：1 公斤压力 = 0. 1MPa）

参 考 文 献

[1] 李方园．西门子 S7-200PLC 从入门到实践[M]. 北京:电子工业出版社,2010.

[2] 李方园．自动化综合实践[M]. 北京:中国电力出版社,2009.

[3] 李方园. 维修电工技能实训[M]. 北京:中国电力出版社,2009.

[4] 李方园. PLC 行业应用实践[M]. 北京:中国电力出版社,2007.

[5] 廖常初. S7-200PLC 编程及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2008.

[6] 刘华波,等. 西门子 S7-200PLC 编程及应用案例精选[M]. 北京:机械工业出版社,2009.

[7] 张运刚,等. 从入门到精通—西门子 S7-200PLC 技术与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2007.

[8] S7-200 可编程控制器系统手册. 西门子(中国)有限公司.

[9] 吴作明,杜明星. STEP 7 软件应用技术基础[M]. 北京:北京航空航天大学出版社. 2009.

[10] 西门子自动化与驱动集团网站(www. ad. siemens. com. cn)

电气自动化新技术丛书

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	SPWM 变频调速应用技术（第 4 版）	35988-3	58	201201
2	通用变频器及其应用（第 3 版）	35756-8	68	201201
3	交流永磁电机变频调速系统	33589-4	39. 8	201105
4	变频调速 SVPWM 技术的原理、算法与应用	31903-0	38	201104
5	高性能变频调速及其典型控制系统	30268-1	49	201106
6	大容量异步电动机双馈调速系统	26963-2	47	200906
7	智能建筑设备自动化系统	29452-8	47	201003
8	电压型 PWM 整流器的非线性控制	25144-6	27	200901
9	高压大功率变频调速技术	19218-3	30	200710
10	现场总线技术及其应用（第 2 版）	14269-0	47	200808
11	谐波抑制和无功功率补偿（第 2 版）	06298-1	29	201101
12	电气传动的脉宽调制控制技术（第 2 版）	04453-3	22	200402
13	直流无刷电动机原理及应用（第 2 版）	05038-4	17	200710

变频器系列

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	变频器实用电路图集与原理图说（第 2 版）	36901-1	44	201203
2	零起点学西门子变频器应用	36363-7	43	201203
3	轻松解读三菱变频器原理与应用	36344-6	29. 8	201201
4	变频调速系统设计与应用	36511-2	49. 8	201202
5	变频调速 600 问	36242-5	49. 8	201201
6	电动机的控制与变频调速原理	35866-4	48	201201
7	变频调速技术基础教程（第 2 版）	35865-7	29. 8	201201
8	施耐德变频器的应用	35783-4	28	201110
9	施耐德变频器原理与应用	26954-0	47	201001
10	变频器应用教程（第 2 版）	34130-7	40	201106
11	生产机械的变频调速	33189-6	69. 8	201106
12	变频器应用与维修	32496-6	45	201103
13	变频器应用图册	31948-1	29. 8	201101
14	变频器原理与维修	29808-3	46	201101
15	变频器电路维修与故障实例分析	28319-5	38	201202
16	感应电动机传动和变频器应用技术	23059-5	20	200803
17	变频器应用手册（第 3 版）	21185-3	43	200802
18	常用变频器功能手册	14979-3	27	200603
19	调速用变频器及配套设备选用指南（第 2 版）	07808-X	40	200608
20	变频器、PLC 在纺织工业中的应用	26876-5	50	200908
21	变频器、PLC 及组态软件实用技术速成教程	29856-4	59. 8	201202
22	变频器、可编程序控制器及触摸屏综合应用技术	18581-9	65	201009
23	S7-300 PLC 和 MM440 变频器的原理与应用	19667-9	33	201103

自动化软件

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	TIA 博途软件-STEP7 VII 编程指南			201203
2	自动测试系统测试描述语言	34114-7	38	201107
3	AutoCAD 电气设计快速入门与提高	32360-0	40	201108
4	从基础到实践——PLC 与组态王	34776-7	49. 8	201108
5	西门子 S7 可编程序控制器——STEP7 编程指南（第 2 版）（1CD）	28718-6	66	201009
6	STEP7 开发基础及应用指南	25158-3	38	200901
7	专业电气绘图软件 PCschematic ELautomation 中文教程	21177-8	49	201001

工业网络与现场总线

序号	书　　名	书号	定价	出版时间
1	可编程序控制器与工业现场总线（第2版）	37495-4		201203
2	西门子工业网络通信技术详解	37169-4	62	201203
3	西门子 PLC 与工业网络技术（含1CD）	23355-8	39	201101
4	西门子工业网络交换机应用指南	24211-6	53	200806
5	PLC 网络系统配置指南	34132-1	69. 8	201107
6	三菱电机通信网络应用指南	30673-3	59	201009
7	从 Modbus 到透明就绪——施耐德电气工业网络的协议、设计、安装和应用（1CD）	25490-4	68	200901
8	现场总线技术及应用教程——从 PROFIBUS、RROFINET 到 As-i	20529-6	38	201102
9	工业控制网络与现场总线技术	18421-8	28	201101

图书零售：

网上订购：中国科技金书网
（机械工业出版社旗下大型科技图书网站）
网址：www. golden-book. com
E-mail：service@ golden-book. com
电话订购：010-88379203　010-88379202　010-88379639
传真订购：010-68990188
邮局汇款：
地址：北京市 100037 信箱 30 分箱
收款人：网络销售部
邮编：100037
银行转帐：
户名：北京百万庄图书大厦有限公司
账号：341556020680
开户行：中国银行北京百万庄支行

图书团购：

联系人：李红勇
电　话：010-88379766
E-mail：dgdzcmp@ sina. com

ISBN 978-7-111-37423-7
策划编辑：林春泉
封面设计：路恩中



零起点学自动化技术丛书

书名	书号
◎ 零起点学维修电工技术	36361
◎ 零起点学西门子变频器应用	36363
◎ 零起点学Linux系统管理	37309
◎ 零起点学Proteus单片机仿真技术	36904
◎ 零起点学西门子S7–200 PLC	37423
◎ 零起点学西门子S7–300/400 PLC	

上架指导：工业技术／自动化技术

ISBN 978-7-111-37423-7



地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037
网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

定价：39.80元